This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

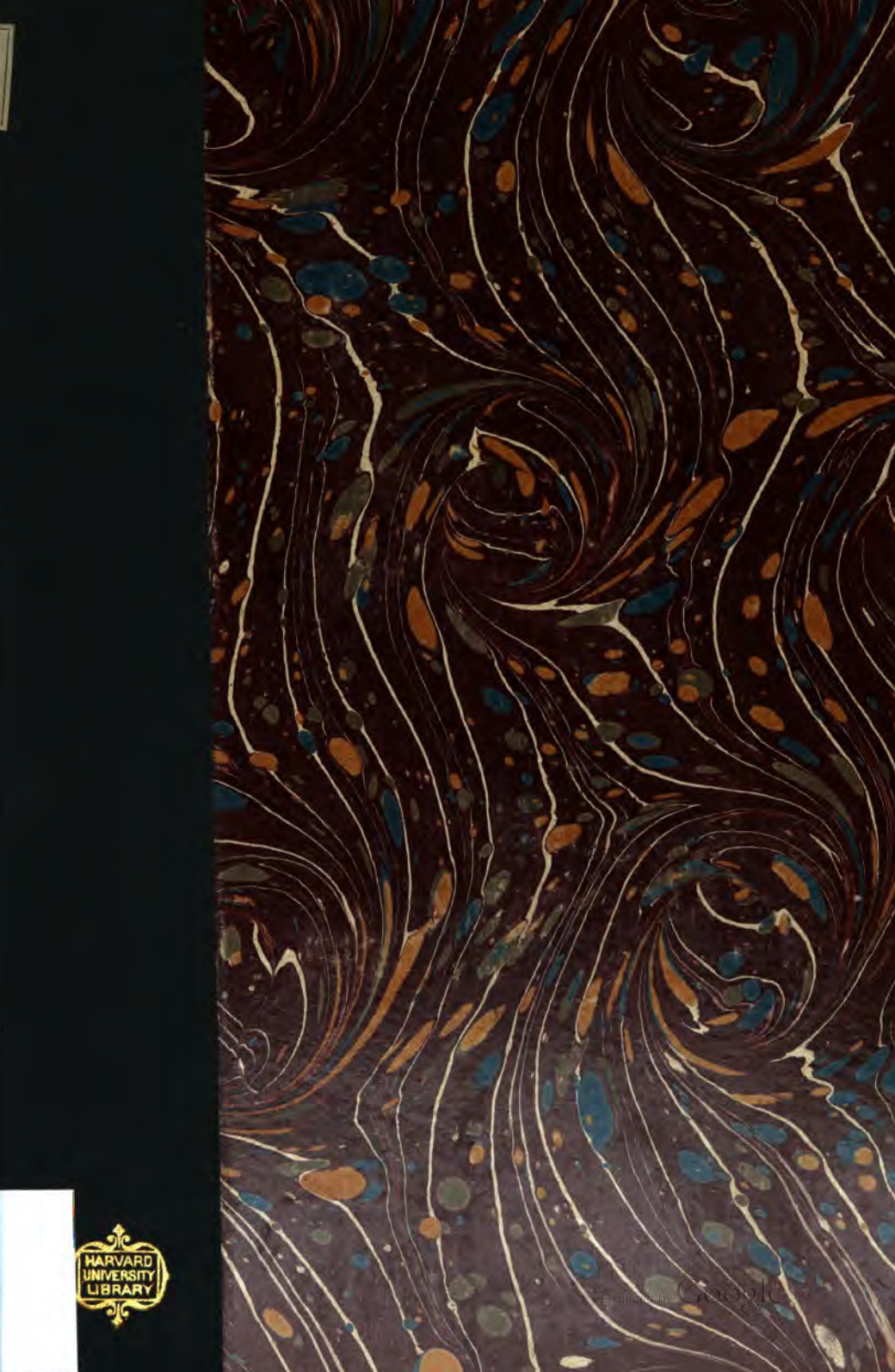
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`


HARVARD UNIVERSITY LIBRARY
Digitized by Google

Harvard College Library

FROM THE

SUBSCRIPTION FUND

BEGUN IN 1858

Digitized by Google

HARVARD UNIVERSITY LIBRARY

Deposited in the Library of the Museum of Comparative Zoölogy.
Under a vote of the Library Council
May 27, 1901

2 August, 1905

Digitized by Google

Digitized by Google

22083

Untersuchungen

über

Umlagerungen an der Nordseeküste,

im besonderen

an und auf der Insel Sylt.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen philosophischen Fakultät

der

Friedrich-Alexanders-Universität Erlangen

vorgelegt von

Anders Beyer

aus **Kummerlef.**

Tag der mündlichen Prüfung: 13. Februar 1900.

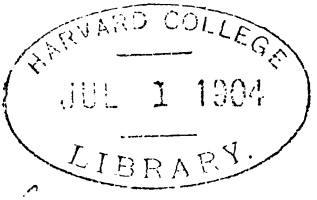
Halle a. S.

Buchdruckerei von H. John.

1901.

Digitized by Google

SPEC
DD
801
.S96
B49
1901



Subscription fund.

Digitized by Google

Seinem lieben Onkel

Herrn Pastor **Johannsen**

in

dankbarer Erinnerung.

Digitized by Google

Digitized by Google

Wohl nirgends in Deutschland vermöchte man besser gleichzeitig die zerstörende und wieder aufbauende Macht der Natur zu beobachten, als an der Westküste der Provinz Schleswig-Holstein, und im besonderen an und auf der Insel Sylt. Die vorliegende Arbeit, welche sich mit den hier sich vollziehenden Umgestaltungen beschäftigen soll, wird in drei Hauptabschnitte zerfallen. Im ersten wird sie die Umlagerungen behandeln, die am Gestade und Strande, im zweiten die, die auf der Oberfläche der Insel sich abspielen; im dritten Abschnitt endlich werden die klimatischen Verhältnisse, und unter diesen wieder speciell die Windverhältnisse auf Sylt einer genaueren Untersuchung unterworfen werden, um eben die grosse Ausdehnung sowie die Art und Form der Umlagerungen, die namentlich zu den Winden in einem ausgesprochenen Abhängigkeitsverhältnis stehen, richtig beurteilen und erklären zu können.

Bevor jedoch auf das eigentliche Thema eingegangen wird, das die ununterbrochenen Veränderungen von heute, wie sie durch Meeresbrandung und Wind hervorgerufen werden, behandeln soll, mögen einige Angaben über die gewaltigen Sturmfluten, welche die ganze nordfriesische Inselreihe namentlich im letzten Jahrtausend heimgesucht haben, vorausgehen. Denn, um uns den ungeheuren Landverlust innerhalb der genannten Zeit erklären zu können, würden die täglichen, normalen Leistungen der Brandung bei weitem nicht ausreichen. Wir müssen vielmehr mit Karl Weule *) die Sturmfluten, wenn auch nicht als den häufigsten, so doch als den in seinem Gesamteffekt gewaltigsten Faktor in der Zerstörung besonders der geologisch jungen Meeresablagerungen ansehen.

*) Karl Weule, Beiträge zur Morphologie der Flachküsten S. 250.

Digitized by Google

Die erste geschichtlich genannte verwüstende Flut, welche in das Gebiet von Nordfriesland einbrach, war nach Dr. Mein *) die sogen. cimbrische Flut, etwa 400 Jahr vor Christo, welche die Cimbern aus den überschwemmten Teilen ihrer Halbinsel, die damals so viel breiter war und ungefähr 80 Quadratmeilen mehr begriffen haben soll, vertrieb. Dann schweigt die Geschichte über ein Jahrtausend von den Naturereignissen in diesem Gebiet, und nur, dass die Gegend unter dem Einfluss von Ebbe und Flut lag und auf hohen Werften besiedelt war, wird berichtet. Erst, nachdem die Eindeichung der Marschen ihren Anfang genommen, was nach Dr. Mein um das Jahr 1000 geschehen sein soll, erfolgen wieder Berichte von zerstörenden Überschwemmungen, und zwar bis zum 17. Jahrhundert in steigender Anzahl, bei gleichzeitig zunehmender Anzahl der gezogenen Deiche, die das Land schützen sollten. Man wird daher genötigt, mit Mein und verschiedenen anderen Autoren anzunehmen, dass die gezogenen Deiche nicht nur keinen Schutz gegen die hohen Sturmfluten geboten, sondern die Gefahr der Überschwemmung sogar erhöht haben. Dieser Nachteil der Eindeichung kann nur darin seinen Grund gehabt haben, dass die Deiche zu niedrig, resp. zu schwach gebaut worden sind, sodass sie zunächst nur ein Zurückstauen der herandrängenden, mässig hohen Fluten bewirkten, um von den höchsten und gewaltigsten Wogen doch schliesslich durchbrochen zu werden, die dann mit verdoppelter Gewalt in das Ackerland eindringen, die Furchen aufwühlen, fruchtbares Land fortschwemmen und die fetten Wiesen verschlammen konnten. Dass uneingedeichtes Land geringeren Gefahren ausgesetzt ist als eingedeichtes, solange die Dämme des letzteren nicht auch gegen die höchsten Fluten sicher stellen, dafür sind noch heute die Halligen das beste Beispiel, über deren ebenen Rasen selbst die wildesten und höchsten Fluten dahinrollen, um nur an ihren rasenlosen Rändern verhältnismässig geringe Abbrüche zu verursachen.

Von Anfang des 11. Jahrhunderts bis auf die Gegenwart sollen nach Weigelt **) nahe an 150 Verheerungen durch Sturmfluten in diesem Gebiet eingetreten sein, sodass darnach durch-

*) Dr. Mein, Abhandlungen zur geologischen Spezialkarte von Preussen und den Thyringischen Staaten, Band I Heft 4, S. 722.

**) Weigelt: Die nordfriesischen Inseln früher und jetzt, S. 157.

Digitized by Google

schnittlich auf jedes sechste Jahr eine kommen würde. Während die Zahl der Überflutungen im 17. Jahrhundert die höchste Höhe erreicht, fällt sie plötzlich im 18. und 19., ein Umstand, der eben nur durch den von hier an erst eifriger und rationeller betriebenen Deichbau erklärt werden muss. Denn, wie Weigelt *) mit Recht behauptet, nicht die Höhe, die das Wasser erreicht, sondern die Verwüstung, die es anrichtet, macht die Sturmfluth zu einer grossen und historisch denkwürdigen, und in alter Zeit waren eben wegen der geringeren Höhe und des mangelhafteren Zustandes der Deiche auch die weniger heftigen Fluten verderblich und wurden als solche der Nachwelt überliefert. Ein von einem eifrigen Forscher seines engeren Vaterlandes, Herrn Pastor Kuss in Kellinghusen 1825 herausgegebenes Verzeichnis denkwürdiger Naturereignisse in Schleswig-Holstein von den ältesten Zeiten bis anno 1800 zählt ausser den sonstigen grossen Sturmfluten speziell auch die „maasslos verheerenden" auf, die ja eben um des geschehenen Land- und Menschenverlustes willen von den Chronisten gewissenhaft gebucht werden. Das Verzeichnis derselben, das von Mein **) aus der chronologischen Folge von Thatsachen der verschiedensten Art herausgezogen worden ist, ergiebt nachfolgende Zahlen:

12. Jahrhundert	. . .	7	verheerende	Sturmfluten
13. „	. . .	7	„	„
14. „	. . .	10	„	„
15. „	. . .	11	„	„
16. „	. . .	23	„	„
17. „	. . .	19	„	„
18. „	. . .	18	„	„

Diese Zahlen beweisen wieder deutlich, wie trotz der Zunahme der Eindeichungen doch auch die Verheerungen zugenommen haben, bis man erst in unserem Jahrhundert die Deiche so gebaut hat, dass sie der erfahrungsmässigen Höhe der Sturmfluthen begegnen können. — Alle die verderblichen Fluten, die in den verschiedenen Jahrhunderten über die sogenannten nordfrisischen Utlande (= Aussenlande) hereingebrochen sind, zu schildern, würde schon darum dem Zweck der vorliegenden

*) Weigelt: Die nordfriesischen Inseln früher und jetzt, S. 157.

**) Mein S. 726.

Digitized by Google

Untersuchungen nicht entsprechen, weil die vorhandenen historischen Berichte über die älteren Sturmfluten ausser der Jahreszahl und dem Datum höchstens noch unsichere Notizen über die Menge der umgekommenen Menschen und weggeschwemmten Dörfer enthalten, das aber, worauf es hier ankommen würde, ein Bild über den Hergang bei der allmählichen Zertrümmerung und Umgestaltung der Utlande, uns nicht liefern. Wie Weigelt *) mitteilt, reicht nach der Landesbeschreibung des Chronisten Danckwerth der festere Zusammenhang der westlichen Gegenden. als diese nur noch von schmalen Seestrassen durchzogen waren. nur bis an die Mitte des dreizehnten Jahrhunderts; wann aber durch gewaltsame Erweiterung dieser Strassen die späteren Inseln gebildet wurden, darüber herrschen nur Vermutungen. So viel jedoch scheint aus den dürftigen Nachrichten mit Sicherheit hervorzugehen, dass die Zeit, welche dem Jahre 1240 folgte, an der Umgestaltung der Utlande den grössten Anteil hat. Hier mögen nur einzelne wenige Sturmfluten genannt werden, die das meiste zur Umformung der nordfriesischen Inselwelt beigetragen und auch speziell Sylt betroffen haben.

Eine der schrecklichsten Überschwemmungen war diejenige vom Jahre 1300. Sieben Kirchspiele sollen nach dem Bericht **) ein Raub der Wellen geworden sein. Im Norden der Utlande, westlich von den jetzigen Dünen Sylts, wo nun das freie Meer ebbt und flutet, lag an einer Bucht die Stadt Wendingstedt mit ihrem altberühmten Hafen; damals verschwand auch sie, und Sylt erhielt eine westliche Meeresgrenze, an der keine Schiffe mehr landen und ankern konnten. Dass diese Flut mit einer seltenen Gewalt gewütet haben muss, geht aus einem weiteren interessanten Bericht bei Weigelt ***) hervor: „Aus einer östlich von Rungsolt (zwischen dem jetzigen Pellworm und Nordstrand) gelegenen höheren Gegend löste sie eine grosse Strecke Moorland ab und trug dasselbe über die Hewer nach Eiderstedt, wo es sich auf fruchtbare Äcker lagerte"; und dass es in der That

*) Weigelt S. 140.

**) Weigelt S. 140; Arends, Physische Geschichte der Nordsee-Küste 2. Band S. 66.

Danckworth's Chronik S. 89 u. 93.

***) Weigelt, S. 160.

Digitized by Google

hier nicht nur in unbedeutenden Bruchstücken angekommen ist, das beweisen die daran sich anschliessenden Zwistigkeiten zwischen den früheren Eigentümern des Moorlandes und den Eiderstedtern; denn erstere machten Anspruch auf die Benutzung auch an seiner neuen Stelle, während die letzteren die gänzliche Wegräumung des unwillkommenen Geschenkes von ihren Äckern und Wiesen verlangten. Da nun dieses nicht geschehen konnte, wurde den Eiderstedtern schliesslich das Recht des Eigentums zugesprochen. Bald nach der Mitte desselben Jahrhunderts, nämlich 1354 und 1362, setzten ebenso schreckliche Überschwemmungen die begonnene Umgestaltung dieser nördlichen Gegend der Aussenlande fort. Die letztere, als „Manndrankelse" bezeichnet, wird von allen Sturmfluten als die allergrösste geschildert, und es solle *) in Nordfriesland keinen einzigen Landesteil gegeben haben, wo nicht Kirchen und Dörfer in die See versunken seien. Was die Insel Sylt betrifft, so wurde durch diese Flut ihr Zusammenhang mit Föhr und Amrum durchbrochen. Weigelt schreibt darüber: „Noch am 8. September 1362 ging die Sonne über Dörfern und Kirchspielen unter, die nördlich von Föhr und Amrum und südlich von Sylt gegen die schmale, zwischen jene Inseln hindurch gehende Seestrasse sich erstreckten, sodass die Bewohner der einen und anderen Harde Nachbarn waren. Aber am Morgen des folgenden Tages war jene Strasse bis auf eine Meile erweitert, und die an ihr landeinwärts gelegenen Dörfer und Kirchen waren in einer einzigen Nacht verschwunden" etc. Ferner sind nach Danckwerth **) im nördlichen Teil von Sylt die beiden Ortschaften Stedum und List in jener Flut zu Grunde gegangen.

Die letzte grosse Sturmflut, die in höherem Masse umgestaltend auf Nordfriesland einwirkte, erfolgte 1634. Nach dem Bericht von Mein ***) soll am 11. Oktober dieses Jahres das Meer im Laufe einer einzigen Stunde durch 44 Deichbrüche in die Kroge gestürzt sein. Von den 8000 Bewohnern der Insel waren 6200 ertrunken, 50,000 Stück Vieh verloren, 1300 Häuser zertrümmert, 30 Windmühlen eingestürzt. Von der Mitte der

*) Weigelt S. 161.

**) „Newe Landesbeschreibung der zwey Herzogthümer Schleswig und Holstein" 1652 S. 93.

***) Mein 725.

Digitized by Google

Insel Nordstrand *) blieben nur einige Halligen übrig; das westliche Ende Pellworm wurde mit Hülfe der Holländer wieder gewonnen, das östliche Ende, das jetzige Nordstrand, erst viel später eingedeicht; von den 40,000 Demath, welche die Insel eben vor der Flut noch mass, sind jetzt nach mehr als drittehalb Jahrhundert erst 11,000 wieder vor den Fluten gesichert und bewohnt. Was die Insel Sylt anbetrifft, so heisst es bei Hansen**) n einem kurzen Verzeichnis aller Sturmfluten von 1204 bis 1839 von dieser Flut: „Der Sylter Deich wurde zerstört".

Da nach dieser Zeit in jener Gegend keine auch nur annähernd so verderbliche und umgestaltende Sturmfluten wieder eingetreten sind, so haben wir die zerrissene und zerbröckelte Gestalt der nordfriesischen Utlande, wie sie heute die Karte zeigt, hauptsächlich als ein Werk des 13., 14. und 17. Jahrhunderts anzusehen. Dass dies auch speziell für die Insel Sylt zutrifft, lehrt uns ein Blick auf die beigelegte „Antiquarische Karte der friesischen Bergharden", entworfen von C. P. Hansen, die bis auf das Jahr 1240 zurückgeht. Möge die Richtigkeit der Meier'schen Karten ***), auf welchen die von Hansen basiert, von manchen kritischen Gelehrten auch in Einzelheiten bestritten werden, so werden wir im grossen und ganzen sie doch anerkennen müssen und die mit einer für jene Zeit bewundernswerten Genauigkeit aufgenommenen und mit grosser Sorgfalt gestochenen Karten als einen wertvollen Beitrag zur Kenntnis der geographischen Verhältnisse des alten Nordfriesland ansehen. Der schon erwähnte Chronist Caspar Danckwerth, welcher mit Meier übereingekommen war, eine Beschreibung zu seinen Karten zu liefern, äussert sich über dieselben folgendermassen †): „So viel endlich die Land-Carten des alten Nordfriessland anreichet, zeuget der Königl. Mathem: Johannes Meier, dass er fleissig den Tieffen nachgefahren und alte glaubwürdige Männer jederzeit zu Gefehrten mit

*) Arends. 2. Band S. 25 und 144.

**) C. P. Hansen: Die Insel Sylt in geschichtlicher und statistischer Hinsicht. S. 7.

***) Herausgegeben im Jahre 1652 zugleich mit der Danckwerth'schen Chronik.

†) Danckwerth: Newe Landesbeschreybung der zwey Herzogthümer Schleswich u. Holstein S. 93.

Digitized by Google

sich genommen, welche ihm die Oerter gezeiget haben, wonach er dann die Carten formiret und in Grund geleget habe."

Haben also die Umgestaltungen Nordfrieslands im grossen Massstabe mit dem Jahre 1634 auch gewissermassen einen Abschluss gefunden, so wurde doch das Zerstörungswerk des Meeres, wenn auch in weniger umfangreicher Weise, noch nach jener Zeit fortgesetzt. So wird besonders von der Weihnachtsflut des Jahres 1717, der Neujahrsflut zwischen 1720 und 21 und von der höchsten unter diesen, der Flut im Febr. 1825 berichtet, dass sie Deiche überspült und zerrissen, Häuser und Menschen weggeschwemmt hätten. Wenn die letztgenannten Fluten auch nicht die Berühmtheit erlangt haben, wie manche der vorhergegangenen, so mag das weniger ihrer Unbedeutendheit, als vielmehr dem Umstande zuzuschreiben sein, dass einerseits das Meer in der Vorzeit naturgemäss zunächst mit den weniger widerstandsfähigen Landgebilden den Kampf aufnahm und so grössere Verheerungen anrichten konnte, als später an den wegen ihrer grösseren Widerstandsfähigkeit übriggebliebenen Resten, und andererseits die Menschen jetzt erst anfingen, durch die Erfahrungen der vorangegangenen Jahrhunderte gewitzigt, durch höheren und stärkeren Bau der Deiche dem feindlichen Element mit Erfolg zu begegnen.

Aber, wenn es auch nicht mehr zu so verderblichen Überschwemmungen mit dem Untergange ganzer Ortschaften führte, so traten doch an den Uferstrecken, die wegen ihres natürlichen Schutzes gegen die normalen Angriffe des Meeres uneingedeicht blieben, wie die ganze durch eine mehr oder minder hohe Dünenkette geschützte Westküste der Insel Sylt, bei hohen Fluten immer noch recht bedeutende Abbrüche ein. So wurden beispielsweise nach Hansen*) durch die Sturmflut vom 4. Februar 1825 stellenweise 100 bis 160 Fuss von den westlichen Dünen weggerissen; und während acht stürmischer Tage des Jahres 1839 verlor das Land in der Gegend des roten Kliffs mehr als 40 Fuss an Breite. Doch auch an der nach dem Haff hin gelegenen, teilweise wertvollere Marsch- und Wiesenstreckeu einschliessenden Ostküste machte sich stellenweise eine recht be-

*) Hansen: Die Insel Sylt, in geschichtlicher und statistischer Beziehung. S. 8.

Digitized by Google

trächtliche Abnahme fortwährend bemerkbar; und, eine wie bedeutende Umänderung die Insel Sylt auch in den beiden letzten Jahrhunderten — also noch nach der Zeit der Umgestaltung Nordfrieslands im grossen — erfahren hat, darüber werden wir belehrt, wenn wir die Küstengestalt der Insel von heute mit derjenigen vom Jahre 1648 vergleichen, wie sie uns die Meier'sche Karte zeigt, von deren Umrissen eine Copie dieser Arbeit beigelegt ist. Die Copie ist gemacht nach einer 1652 von Meier zugleich mit der Danckwerth'schen Chronik herausgegebenen Karte, die ich von einer Volksbibliothek auf der Insel Pellworm zu leihen Gelegenheit hatte. Noch deutlicher dürften vielleicht die Veränderungen an den einzelnen Strecken hervortreten, wenn wir die zweite Zeichnung, Copie einer Karte vom Generalmajor z. D., Ehrendoktor der Philosophie, Franz Geerz betrachten, welcher den Versuch gemacht hat, unter einem gemeinschaftlichen Massstab 1 : 120,000 die beiden Karten von 1648 und von 1878 über einander zu legen.

Dass aber endlich die Insel Sylt nicht nur in langen Zeiträumen, sondern auch schon von Jahrzehnt zu Jahrzehnt noch fortwährend so bedeutenden Umgestaltungen unterworfen ist, dass es auf einer Karte, im Massstabe 1 : 20000 gezeichnet, schon sehr wohl erkennbar wird, das sollen die folgenden Untersuchungen zeigen.

Während wir aus der Geschichte der nordfriesischen Inseln hauptsächlich die zerstörende Kraft des Meeres kennen lernten, sehen wir in der Gegenwart diese durch künstliches Eingreifen des Menschen um ein bedeutendes abgeschwächt, und neben derselben die aufbauende Kraft mehr und mehr zur Geltung kommen. Dass jedoch auch in früheren Zeiten das Meer durch Brandung sowohl als auch durch die Gezeiten an manchen Stellen zur Erhöhung der Küste und Vermehrung des Landes beigetragen haben wird, steht ausser allem Zweifel; nur waren die Ergebnisse dieser aufbauenden Thätigkeit zu gering, als dass sie gegenüber den gar zu oft sich wiederholenden gewaltigen Verlusten an Ort- ja Landschaften genügende Beachtung und in geschichtlichen Berichten Erwähnung gefunden hätten.

Wegen der völlig ungleichartigen Umlagerungen an der Ostküste und an der Nord- und Westküste Sylts — von einer Süd-

Digitized by Google

küste kann kaum gesprochen werden, da die Insel nach Süden hin in eine schmale Spitze ausläuft — sollen die beiden genannten Küstenpartien gesondert betrachtet werden.

Durch die Liebenswürdigkeit des Herrn Düneninspektors und Landvogts Hübbe in Keitum a/S. wurden mir als Resultate von sorgfältigen Messungen, vorgenommen in den Jahren 1878 und 1896, also in einem Zwischenraum von 18 Jahren, die auf den folgenden Seiten angegebenen Zahlen mitgeteilt.

Auf Grund der in der ersten Hälfte gegebenen Resultate wurden die dieser Arbeit beigelegten Tafeln I und II gezeichnet. welche die nördliche Hälfte der Insel Sylt darstellen und wohl das anschaulichste Bild über die Abnahme sowie Zunahme von deren Nord- und Westküste innerhalb des genannten Zeitraumes geben dürften.

Zur Erläuterung der Zeichnungen sei folgendes hinzugefügt: Die Messungen, welche sich von der nordöstlichen Spitze der Insel, der sogen. Ellenbogenspitze westwärts um den Ellenbogen herum auf die Westküste bis Hörnum Odde, der südlichsten Spitze Sylts, erstrecken, im ganzen eine Ausdehnung von 41,5 klm., sind in Abständen von je 500 m vorgenommen, und zwar in der Weise, dass von der Ellenbogenspitze als Ausgangspunkt aus im Jahre 1878 in gewissen Entfernungen vom Fuss der Düne Pfähle eingerammt wurden, welche mit den fortlaufenden Nummern von 0 bis 83 bezeichnet wurden. Die 1896 wiederholten Messungen der Entfernung derselben Pfähle vom Fuss der Düne mussten dann das Vor- oder Rückwärtsschreiten des Dünenfusses und somit die Zu- oder Abnahme in dem Zeitraum von 18 Jahren ergeben. Den Entfernungen der je 500 m von einander entfernten Pfähle entsprechen auf den Tafeln diejenigen zwischen den senkrecht zur Küstenlinie gezogenen Linien und zwar sind alle diese Senkrechten, um auch an den Stellen, wo nur geringe Änderungen innerhalb der 18 Jahre eingetreten waren, die letzteren auf der Karte etwas deutlicher zum Ausdruck bringen zu können, im Massstabe 1 : 10000, die Küstenlinie selber hingegen im Massstabe 1 : 20000 gezeichnet.

Bei der Betrachtung der Tafel I fällt an der Nordwestküste sofort der schroffe Übergang von der starken Zunahme der Nordküste zu der Abnahme der Westküste auf. Suchen wir

Digitized by Google

Station	Entfernungen der Pfähle vom Fuss der Düne in Metern im Jahre 1878	im Jahre 1896	Differenz	Station	Entfernungen der Pfähle vom Fuss der Düne im Jahre 1878	im Jahre 1896	Differenz
0	7,5	63	+ 55,5	21	55	71	+ 16
1	97,5	177	+ 179,5	22	77,5	87	+ 9,5
2	61	105	+ 44	23	83,5	102	+ 18,5
3	103	127	+ 24	24	39	39	+ 0
4	41,5	100	+ 58,5	25	95	71	— 24
5	58,5	112	+ 53,5	26	70	56	— 14
6	65	135	+ 70	27	123,5	114	— 9,5
7	77,5	161	+ 83,5	28	29,5	— 25,5	— 55
8	67,5	121	+ 53,5	29	67,5	44	— 23,5
9	70	99	+ 29	30	65	44	— 21
10	150	164	+ 14	31	80,5	78	— 2,5
11	27,5	— 12,5	— 40	32	112,5	90	— 22,5
12	Pfähle in Stürmen		?		(bis Dezemberflut 1893)		
13	verloren gegangen		?	33	70 (bis 93)	37	— 33
14	257,5	172	— 85,5	34	47	32	— 15
15	Pfahl verloren geg.		?	35	48,5 (bis 93)	44	— 4,5
16	330	252	— 78	36	57	21	— 36
17	95	70	— 25	37	69	29	— 40
18	121,5	85	— 36,5	38	54,5	38	— 16,5
19	47,5	37	— 10,5	39	82	80	— 2
20	70	82	+ 12	40	81	80	— 1
				41	92,5	87	— 5,5

Digitized by Google

Station	Entfernungen der Pfähle vom Fuss der Düne in Metern im Jahre 1878	im Jahre 1896	Differenz	Station	Entfernungen der Pfähle vom Fuss der Düne im Jahre 1878	im Jahre 1896	Differenz
42	85	70	— 15	63	56	58	+ 2
43	83,5	80	— 3,5	64	30,5	68	— 12,5
44	51	40	— 11	65	110	98	— 12
45	74,5	68	— 6,5	66	95	115	+ 20
46	108	100	— 8	67	27	29	+ 2
47	121	121	+ 0	68	88,5	93	+ 4,5
48	114,5	115	+ 0,5	69	143	137	— 6
49	122,5	135	+ 12,5	70	47	30	— 17
50	87	119	+ 32	71	162,5	158	— 4,5
51	105	164	+ 59	72	144	154	+ 10
52	66,5	74	+ 7,5	73	71,5	82	+ 10,5
53	54	56	+ 2	74	115	120	+ 5
54	83,5	86	+ 2,5	75	50	46	— 4
55	60,5	50	— 10,5	76	166	131	— 35
56	69	68	— 1	77	100	80	— 20
57	67	66	— 1	78	57,5	56	— 1,5
58	73	56	— 17	79	75	26 bis 94	— 49
59	55	33	— 22	80	65	50	— 15
60	91	112	+ 21	81	42,5	59	+ 16,5
61	72,5	74	+ 1,5	82	62,5	68	+ 5,5
62	53,5	56	+ 2,5	83	47	81	+ 34

Digitized by Google

zunächst die Erklärung für den starken Anwachs an der erstgenannten Küste, so finden wir hier eine ungleich grössere Ruhe im Wasser als an der Westküste, bedingt durch den Schutz, welchen hauptsächlich zwei der Nordwestecke vorgelagerte Sandbänke jener Küste gewähren, nämlich Salzsand und Rüstsand, deren Entstehung oder, wenn wir sie nach der Ansicht vieler als Überreste von der einst so weit hinausreichenden Insel ansehen wollen, deren Erhaltung sich dadurch erklären lässt, dass hier zwei verschiedene Strömungen sich begegnen. Wenn nämlich der Flutstrom, der an der Westküste der nordfriesischen Inseln sich von Südwesten nach Nordosten bewegt, mit Hilfe der Brandung Sand oder Erdteile von dem seichten Meeresgrunde oder von den Ufern losgerissen hat, so bleibt sowohl das Wasser als auch das mitgeschleppte Material in dieser Bewegung, bis es auf Hindernisse stösst. Dies ist aber hier nördlich vom Ellenbogen der Fall. Dort fällt der ausfliessende Strom der bei Hoyer mündenden Widau und des Haffs oder der Ebbstrom samt den seewärts mitgenommenen Sand- und Schlammteilen dem Flutstrom in die Flanke und veranlasst, dass an diesem Orte, wo die Bewegung aufgehoben wird, die mitgeführten Sedimente zu Boden sinken und sich anhäufen. Ausser den beiden genannten Bänken findet sich noch weiter östlich und nördlich von der Lister Tiefe eine dritte Bank, Haffsand genannt. Diese Sandbänke haben nun insofern eine wichtige Bedeutung für die Ablagerungen an der Nordküste, als sie das Ungestüm der von der offenen See hereindringenden Wogen mildern, sodass nördlich von Sylt eine relativ grosse Ruhe eintritt, die eine der ersten Bedingungen für die Ablagerung von Sidimenten ist. Eine andere Frage aber wird es sein, ob auch von diesen Sandbänken, also indirekt durch die Gezeitenströmungen, das Material zum Aufbau der nördlichen Küste geliefert wird, oder ob wir hier nicht vielmehr mit einem anderen Faktor zu rechnen haben, dessen grosse Bedeutung für den Aufbau von Neuland an Flachküsten Professor Pechuel-Loesche *) nachgewiesen hat, nämlich der Brandung. Und in der That werden wir bald die Überzeugung gewinnen, dass

*) Die Kalema: Globus XXXII 1877 S. 119 u. 136 und Flachküsten, Meeresströmung und Brandung: Globus L 1886 S. 39, 55, ferner: die Loango-Expedition, III S. 17—39.

Digitized by Google

auch hier gerade die Brandung an der Herbeischaffung des Materials und dem Aufbau desselben den allergrössten Anteil hat.

Betrachten wir zu dem Zwecke zunächst die in Fig. 1 und Fig. 2 graphisch dargestellte Verteilung der Winde auf die verschiedenen Himmelsrichtungen innerhalb eines Jahres, wobei sofort das starke Überwiegen der westlichen, süd- und nordwestlichen über die übrigen Winde, nicht allein der relativen Häufigkeit, sondern auch der Stärke nach klar hervortritt, und gehen dann zum westlichen Strande hinunter, um zu beobachten, was hier vorgeht. Wir finden dann, dass die Richtung der dort einlaufenden Roller im allgemeinen derjenigen des gleichzeitigen Windes entspricht, obgleich die Roller, in seichteres Wasser gelangend, Grund fassen und dadurch in ihren unteren Teilen in der freien Bewegung gehindert, gegen die Untiefen und gegen die Strandlinie einschwingen. Demzufolge rauschen die Wassermassen der Roller schräg über den Strand hinauf und rauschen, von den nachfolgenden gedrängt, auch wieder in schräger Richtung den Strand hinab, wodurch eine sehr merkbare seitliche Versetzung der Gewässer samt dem durch die Bewegung schwebend erhaltenen festen Material bewirkt wird. Von dieser Wirkung der Brandung konnte ich mich oft überzeugen, indem ich irgend einen leichten Gegenstand in das Wasser warf; dieser wurde, je nach der Stärke der Brandung, in kürzerer oder längerer Zeit bedeutende Strecken am Strande entlang fortgeschafft. So hatte z. B. bei mittelstarkem Wind und entsprechender Brandung aus südwestlicher Richtung eine leere verkorkte Flasche in 10 Minuten ca. 200 m zurückgelegt; und eine grössere angeschwemmte Planke sah ich bei S. S. W.-Wind und starker Brandung in $^1/_2$ Stunde ca. 350 m nach Norden treiben. Man nennt diese Erscheinung auch wohl „Trift“ oder mit einem Ausdruck der Wasserbautechniker „Küstenstrom“. Eine bestimmte Geschwindigkeit dieser Vorwärtsbewegung für irgend welche vom Wasser verschleppten Gegenstände und Stoffe anzugeben, ist unmöglich, da diese nicht allein von der Stärke und Richtung der aufrollenden Roller, sondern ausserdem noch, und dies nicht am wenigsten, von dem Zufall abhängig ist, insofern nämlich als dem Gegenstande auf der zurückzulegenden Strecke mehr oder weniger Hindernisse in den Weg treten, wie z. B. grössere Steine, alte Wracks oder die ins

Digitized by Google

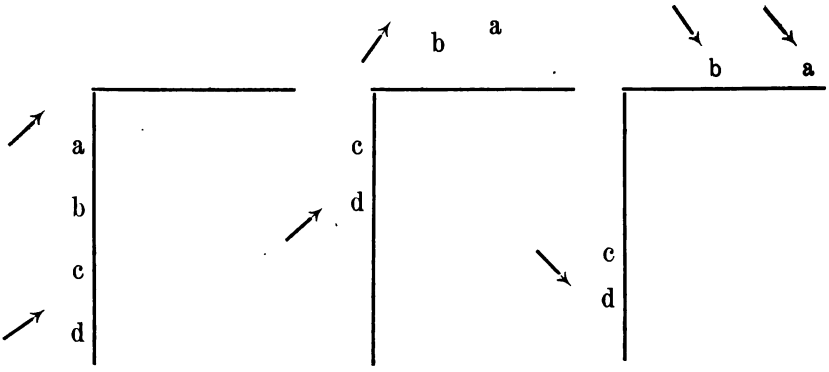
Meer hinausgebauten, später genauer zu beschreibenden Buhnen. woran sie manchmal Halt machen müssen, ja bisweilen überhaupt nicht vorbei können, bevor nicht stärkere oder anders gerichtete Winde mit ensprechender Brandung eintreten. Angenommen aber, wir hätten einen glatten Strand ohne solche Hindernisse, so könnte im allgemeinen behauptet werden, dass die Geschwindigkeit des Transportes proportional wäre der Stärke der Brandung und der Schiefe des Winkels, unter dem die auflaufenden Wellen den Strand treffen.

Der Transport der Sande erfolgt in ähnlicher Weise, nur werden die gröberen längst des Gestades bei mässiger Brandung mehr auf dem Grunde dahin geschoben, während die feineren mehr oder weniger in der Schwebe erhalten werden.

Da nun aber, wie die gezeichneten Windrosen erkennen lassen, die aus dem südwestlichen und nordwestlichen Quadranten kommenden Winde bezüglich ihrer Häufigkeit und Stärke sich so ziemlich gleich bleiben, so könnte zunächst mit Recht gefragt werden, wie die Brandung an der Westküste der Insel das Material für den starken Anwachs an den beiden Enden derselben habe liefern können, ohne dass es erst seitwärts geführt und durch den Flutstrom dorthin geschafft würde. Denn durch das wechselnde Eingreifen der beiden genannten Winde muss die Verschiebung der Sande am Strande auch der Richtung nach wechseln, bald von Süden nach Norden und bald von Norden nach Süden erfolgen, sodass im grossen und ganzen von dem an der Westküste verschiebbaren Gesamtvorrat durch die unmittelbare Wirkung der Brandung nichts verloren gehen könne. Die nähere Überlegung aber wird uns bald zu der Überzeugung bringen, dass gerade durch die wechselnde Thätigkeit jener verschiedenen die Landwinde bei weitem übertreffenden Seewinde ein so mächtiger Anwachs an der Nordküste von Sylt möglich wird.

Denken wir uns der Einfachheit halber, die Nordwestecke von Sylt bilde einen rechten Winkel und nehmen ferner an, wir hätten gestern und heute mittelstarken Wind aus südwestlicher Richtung mit entsprechender Brandung, dann würden doch die Teile a und b, welche im Laufe der beiden Tage in nördlicher Richtung über die Ecke hinaus und durch die einschwingenden Roller ostwärts verschoben worden wären, der Westküste unrettbar

Digitized by Google



entrissen sein, es sei denn, dass ein Wind aus dem entgegengesetzten Quadranten sie um die Ecke wieder zurückbrächte; denn kein Seewind würde, wie leicht einzusehen ist, den Rücktransport wieder herstellen können. Zwar würde ein morgen eintretender Nordwestwind die Teile c und d zur Umkehr bringen und wieder südwärts verschieben, aber a und b würden sich ihnen nicht mehr anschliessen können, sich vielmehr an dem Nordufer weiter ostwärts bewegen, wie c und d am Westufer südwärts, nur mit dem Unterschiede, dass während des Transportes am Nordufer immer grössere Mengen von a und b zur Ablagerung gelangen, weil die durch seewärts vorliegende Bänke gehemmten Roller ihre Kraft verloren haben.

Es erhellt also hieraus, dass die Nordwestwinde im Interesse des Westufers nicht wieder gut zu machen vermögen, was einmal durch die Südwestwinde verschuldet worden ist, sondern ein oft sich wiederholender Verlust an der Westküste zu Gunsten der Nordküste der Insel eintreten muss. Dass das umgekehrte Verhältnis nur in äusserst seltenen Fällen und dann auch nur in sehr beschränktem Masse stattfinden kann, geht daraus hervor, dass die Winde aus nordöstlichen Richtungen erstens, wie die aufgestellten Tabellen und die nach denselben gezeichneten Karten 1 und 2 zeigen, im Verhältnis zu den genannten Seewinden sehr selten und schwach sind, zweitens aber, wenn sie mal eintreten, im Vergleich zu den Seewinden, die an den Westküsten eine Anschwellung, eine gewisse Stauung des Wassers im Gefolge

Digitized by Google

haben, stets mit einem niedrigeren Wasserstande verbunden sind, da sie das Wasser von der Küste abblasen. Die Folge der letzteren Thatsache ist dann, dass die in normaler und übernormaler Höhe gelegenen Teile des bei Seewinden Angeschwemmten bei den Landwinden nicht mehr von der Brandung erreicht werden können, um an der Nordküste wieder rückwärts, d. h. also westwärts bis über die Ecke hinaus und bei später eintretenden Nord- und Nordwestwinden ihrem ursprünglichen Ausgangspunkte an der Westküste wieder zugeführt zu werden, zumal kräftige Roller bei der Flachheit und geringen Ausdehnung des Binnenwassers sich nicht entwickeln können.

Wir sehen also, dass gerade diejenigen Winde, welche ihrer Richtung nach allein befähigt wären, das der Westküste entwendete Material wieder zurückzuliefern — natürlich indirekt vermittelst der durch sie erzeugten Brandung — einerseits wegen ihres zu seltenen Auftretens und andererseits wegen des gleichzeitig mit ihnen eintretenden niedrigen Wasserstandes zu minderwertig sind, um den Seewinden das Gleichgewicht zu halten. Die Folgeerscheinung ist daher eine fortwährende Zunahme der Nordküste auf Kosten der Westküste.

Gehen wir nun noch einmal nach dem westlichen Strande hinunter, um uns die dortige Abnahme zu erklären. Denn wenn auch, wie eben nachgewiesen, ein Teil seiner Sande entführt wird, ohne wieder zurückerstattet zu werden, so müsste man denken, dass dieser Verlust mindestens aufgewogen würde durch das an dem Gestade von der See her angeschwemmte Material an Sand; und zunächst wundert es denjenigen wohl, der hier auf kurze Zeit bei vielleicht ziemlich konstanten und mässig starken Winden seine Beobachtungen macht, wie hier von einer Abnahme die Rede sein könne, wo er doch eine fortwährende, wenn auch nicht sehr bedeutende Anschwemmung von Sand wahrnimmt. Aber diese dem Aufbau günstigen Bedingungen, konstante Windrichtung und mässig starke Brandung, sind nicht immer vorhanden. Denn erstens sind die Seewinde unter sich wenigstens einem häufigen Wechsel unterworfen, wodurch immerhin ein Aufbau an der Küste erschwert wird, und zweitens wird manchmal, namentlich zur Herbst- und Winterszeit, durch einen einzigen Sturm mehr Material dem Ufer entführt, als durch monatelange Thätig-

Digitized by Google

keit günstiger Winde und Brandung aufgebaut wurde. Denn nicht allein das Angeschwemmte wird von den Wellen wieder hinweggerissen, sondern die letzteren unterwühlen auch noch namentlich an den Stellen, wo die Küste steil ins Meer hinabfällt, wie am roten Kliff, dieselbe und bringen so die darüber ruhenden Erd- und Sandteile zum Absturz. Dazu kommt noch ein Umstand, der die Gewalt der Brandung an manchen Stellen der Westküste erhöht und mehr der Zerstörung als dem Aufbau dient, dass nämlich in einer inconstanten Entfernung von 200 bis 500 m ziemlich parallel mit der Küste ein Riff vorläuft, welches, ca. 100 m breit, als eine seichte Erhebung des Meeresbodens (kaum $1^1/_2$ m) mit flachem Anstieg und Abdachung angesehen werden muss und infolge dessen die Brandung nur in geringem Masse zu hemmen vermag. Hingegen ist dasselbe mit verschiedenen Lücken durchsetzt, welche sich immer verschieben, und durch die sich die Wellen mit verstärkter Gewalt hindurchdrängen, um an den entsprechenden Stellen der Küste besonders schädigend einzufallen. Parallel mit dem genannten Riff ziehen weiter seewärts an den meisten Stellen noch 1—2 Sandriffe, die sich jedoch nur bei stürmischem Wetter, wenn die See in grösserem Aufruhr sich befindet, vom Lande her an dem weissem Schaum erkennen lassen, der sich beim Passiren der hier brandenden Wellen bildet.

Ähnliche Sandriffe oder Bänke hatte ich an der jütländischen Küste, an der Bucht von Ringkjöbing wahrgenommen, und zwar war auch hier bei stärkerer Brandung die Drei-Zahl zu konstatieren, und wie ich durch einen Strandvogt aus dortiger Gegend erfahren konnte, sollten diese Riffe an der ganzen jütländischen Küste vorkommen. Jedoch scheinen diese Bildungen nicht lediglich der schleswigschen und jütländischen Küste eigentümlich zu sein, sondern nach Hagen *) „eine Erscheinung, die sich in der Natur sehr häufig wiederfinde und bei flacher Ansteigung des Grundes vielleicht jedesmal vorkomme“. Ackermann **) giebt folgende Erklärung ihres Wesens und ihrer Entstehung: „Die sehr grossen Wellen bei starkem auflandigen Wind wühlen manche Bestandteile des Meeresgrundes, die infolge der

*) Krümmel, Oceanographie 106.

**) Ackermann, phys. Geogr. d. Ostsee, 43.

Digitized by Google

Zerstörung von Steilküsten seewärts geführt und dort abgelagert waren, auf und nähern dieselben dem Ufer. Die untere Strömung führt aber die Stoffe, welche der Oberstrom derselben Welle dem Ufer genähert hatte, wenigstens teilweise wieder seewärts. Weil jedoch dort, wo der Unterstrom dieser Welle und der Oberstrom der nächst folgenden zusammentreffen, relative Ruhe eintritt, so müssen beide Strömungen wenigstens einen Teil ihres mitgeführten Materials an diesem Knotenpunkte ablagern."

Als weiterer Umstand, der einer Zunahme an der Westküste entgegenwirkt, muss erwähnt werden, dass gerade an den flach ansteigenden Küstenpartien, wo die Anschwemmung am grössten ist, der grösste Teil des auf den Strand geworfenen Sandes, sobald er genügend getrocknet ist, durch die vorherrschend westlichen Winde dem Bereich der eigentlichen Küste entzogen und weiter landeinwärts getragen wird, um hier für den Aufbau der später zu beschreibenden Dünen Verwendung zu finden.

Dass jedoch das seewärts Angeschwemmte unter Umständen auch das durch den Küstenstrom seitwärts und die Winde landeinwärts entführte Material übertreffen kann, das zeigt beispielsweise die Zeichnung auf Tafel I und II an der Strecke zwischen Station 19 und 24. Die Erklärung hierfür muss darin gesucht werden, dass hier ein bedeutend flacher ansteigender Meeresgrund vorhanden ist, als an den meisten übrigen Strecken, wodurch schon an und für sich die Anschwemmung, das Heranschieben der Sande auf dem Gestade durch die Wellen erleichtert wird. Nach der Karte von Mein macht die 3 Faden-Linie, welche sonst in einer Entfernung von 300—400 m von der Sylter Westküste ziemlich parallel mit derselben verläuft, hier einen weiten Bogen seewärts, dessen längste Entfernung von der Küste ca. 2000 m beträgt; infolge dessen liegen auf dieser Strecke auch die Sandriffe weiter seewärts, sodass die Wellen hier früher gebrochen werden und mit verminderter Gewalt auf den Strand hinauflaufen. Was aber für die Ablagerung der Sande von noch grösserer Bedeutung ist, auch die rückläufige Welle wird hier wegen der sanfteren Böschung eine bedeutend geringere Kraft besitzen und somit auch weniger Material von dem Hinaufgeschobenen wieder mit zurücknehmen. Dazu kommt noch, dass namentlich auch an dieser Küstenpartie das Anpflanzen von

Digitized by Google

Dünenhalm betrieben wird, wodurch die Weiterbeförderung des aufgeworfenen und trocken gewordenen Sandes durch die Seewinde zum grossen Teil vermieden wird, indem sich die Sande schon hier am Hochstrande wenigstens teilweise an den eingesteckten Pflanzen fangen und anhäufen.

Was nun die Quelle für den an der Westküste von Sylt angeschwemmten Sand betrifft, so mag zugegeben werden, dass das Meer selber durch Zerkleinerung und Zerreibung von grösserem Material, Grand, Geröll, Gesteinen und Muscheln, eine gewisse Menge davon erzeugt. Aber, wie Sokolow *) sagt, wo er von der Herkunft der angeschwemmten Sandmassen an Küsten im allgemeinen spricht: „Die verhältnismässige Langsamkeit dieses Vorganges und die Beschränktheit der Fläche, auf welcher er sich abspielt, lassen vermuten, dass der vom Meere aufbereitete Sand einen unwesentlichen, sogar verschwindenden Teil der oft ungeheuren Massen ausmacht, welche von den Wellen an die Küste getragen werden".

Noch weniger Bedeutung dürfen wir eigentlichen Meeresströmungen für die hiesige Anschwemmung beimessen, seitdem wir namentlich durch die Untersuchungen von Pechuel-Loesche an der Benguela-Strömung über die Unzulänglichkeit der Meeresströmungen überhaupt für den Transport von Sedimenten auf weitere Strecken unterrichtet sind. Denn es ist nicht allein die Entfernung von der Küste, wie bei den Meeresströmungen überhaupt, zu gross, als dass sich das fliessende Wasser an der Anschwemmung am Strande beteiligen könnte, sondern vor allen Dingen auch die Geschwindigkeit zu gering, um aus entfernten Gebieten Sande hierher transportieren zu können, wie in einem späteren Abschnitte unter Berücksichtigung der dem Salzwasser eigentümlichen Eigenschaften, Sedimente verhältnismässig sehr schnell fallen zu lassen, nachgewiesen werden soll.

An die Möglichkeit, dass die kleinen Flüsse des Festlandes, wie die Nipsau, Bredau, Wiedau, Leckau, Soholmau und die Husumer Au, den Sandvorrat hierher liefern könnten, ist nicht zu denken. Anstatt dass die geringen, durch jene Auen aus dem Binnenlande ins Haff geschafften Sedimente ausserhalb der

*) Sokolow, die Dünen, 35.

Digitized by Google

Inselreihe gelangten, um sich hier als Sandriffe oder Küstenwälle aufzuwerfen, lehrt die Beobachtung, dass vielmehr umgekehrt ein Transport von Sedimenten vom offenen Meere in das Haff hinein stattfindet, welches in der Bildung von Marschen daselbst zum Ausdruck kommt.

Es bleibt also nur übrig, die Westküste selber als Quelle anzunehmen, woher das Material sowohl für die ihr parallel verlaufenden Sandriffe als für die auf ihren Strand geworfenen Sandmassen stamme. Diese Lieferung seitens der Küste hat nun erstens im grossen Massstabe, wie im Anfang geschildert, in früheren Jahrhunderten stattgefunden, wo für die Erhaltung des Strandes so gut wie nichts geschah, geschieht aber auch noch heute bei jeder stärkeren Sturmflut in wohl beachtenswertem Grade, indem dann die Wellen den Strand überfluten, die Küstenwand selber erreichen und, wie schon früher angedeutet, namentlich an den steilen Stellen derselben, eine Scholle nach der anderen zum Absturz bringen, um dieselben zu zerwaschen und gleichmässig am Strande zu verteilen, indem sie teils für die Bildung eines Strandwalles verwendet, teils aber den rückläufigen Wellen überlassen werden, um so weiter seewärts zur Ruhe zu kommen, bis sie vielleicht später bei einer mässigeren Brandung der Küste wieder zugetragen werden.

Wie durch das fortwährende Wellenspiel am Strande selbst bei schwächstem Winde noch in bedeutendem Masse ein Hinauf- und Hinabrollen der Sande stattfindet, davon konnte ich mich durch folgenden Versuch überzeugen. Bei schwachem Westwinde von höchstens Stärke 2 wurde am Strande südlich von Westerland eine leere Cigarrenkiste während des Rücklaufens einer Welle so in den Sand hineingegraben, dass deren obere Kante ca. 2 mm. unter der Sandfläche stand. Nach einer einzigen neuen Welle war die Kiste von grobkörnigem Sand schon vollständig gefüllt, sodass man die Stelle, wo die Kiste eingesenkt war, überhaupt nicht mehr erkennen konnte. Eine andere Kiste, deren obere Kante $^1/_2$ cm über der Sandoberfläche stand, wurde erst nach 7 Wellen und zwar dann auch zunächst nur an dem der See zugekehrten Ende gefüllt, während nach dem anderen Ende zu der Inhalt der Kiste bis zur halben Höhe derselben schräg abfiel. Diese Abschrägung wurde jedes Mal

Digitized by Google

durch die rückläufige Welle erzeugt. Eine dritte Kiste endlich liess ich mit der Umgebung abschneiden, aber ca. 3 m weiter strandaufwärts, wo dieselbe nur alle 2—3 Minuten von einer Welle erreicht wurde; auch diese hat sich schon durch die 7. Welle angefüllt, aber im Gegensatz zu der vorhergehenden an beiden Enden gleichmässig, weil oben die Kraft der rückläufigen Welle sich hier noch nicht entwickelt hatte. Ein Vergleich zwischen dem ersten und zweiten Versuch lehrt zugleich, dass die grobkörnigen Sande bei ruhigem Wellengang sich zu einer nur geringen Höhe im Wasser aufwirbeln lassen, vielmehr der grösste Teil derselben nur am Grunde geschoben wird. Es würde sonst die Erhebung der zweiten Kiste von nur $^1/_2$ cm über den Grund nicht so grosse Differenz in der Zeit des Vollwerdens gegen die erste Kiste bewirkt haben. —

Noch eine Erscheinung, welche einem bei der Beobachtung des Wellenspiels auffällt, möge hier Erwähnung finden. Auf der durch die auflaufende Welle völlig glatt gestrichenen Strandfläche erblickt man, wenn das Wasser abläuft, zahlreiche runde Öffnungen von geringem Durchmesser. Man hat sie wohl für Fluchtlöcher kleiner Tiere gehalten oder geglaubt, dass am Grunde einer jeden Öffnung sich ein Tierchen aufhalte; aber vergeblich gräbt man nach, um das vermeintliche Tier zu suchen. Die Entstehung dieser Löcher ist einfach dadurch zu erklären, dass ein Teil des auflaufenden Wassers in den Sand einsickert und nun die in dem lockeren Sand enthaltene Luft perlend hervordringt und jene Öffnungen bildet.

Die Schnelligkeit des Anlaufens der Roller zu messen, war am Sylter Strande nicht möglich, da es an der ganzen Westküste wegen der zu gefährlichen Brandung daselbst kein Boot giebt, in dem man hätte hinausrudern können, um sich in bestimmten Entfernungen am Ufer gewisse Marken anzubringen. Wäre es z. B. möglich gewesen, in einer Entfernung von 200 m am Ufer eine Stange mit deutlich erkennbarer Flagge anzubringen, so hätte man wohl beobachten können, wann eine Welle die markirte Stelle passiere, und aus der Zeit, welche dieselbe gebraucht hätte, um von dort bis zum Ufer zu gelangen, die Schnelligkeit ihrer Vorwärtsbewegung gefunden, obgleich das Verfolgen einer Welle aus solchen Entfernungen in Wirklichkeit praktisch schwie-

Digitized by Google

riger ist, als man theoretisch sich vorstellt, da eine Welle ein Mal von einer ihr nacheilenden eingeholt werden kann, ein anderes Mal in grösserer Nähe des Ufers einer rückläufigen Welle begegnet und dadurch viel von ihrer ursprünglichen Gestalt einbüsst, dass wir sie schwer wieder erkennen, ja manchmal ganz aus den Augen verlieren.

Dahingegen konnte die Periodizität der Wellen bei Sylt ohne grössere Schwierigkeiten festgestellt werden. Aus zahlreichen eigenen Beobachtungen seien hier einige Zahlenreihen mitgeteilt, wovon jede einzelne erstens die Anzahl der Wellen innerhalb einer Minute, zweitens die Höhe der einzelnen Wellen dadurch wiedergiebt, dass die niedrigsten mit 1, die höchsten mit 3 und die mittelhohen mit 2 bezeichnet sind.

	Grösse der einzelnen Wellen	Anzahl der Wellen in 1 Min.
1. Minute	3 1 2 2 3 3 2 3 1 2 3	11
2. „	3 3 2 3 2 2 3 1 3 2 3	11
3. „	2 3 2 1 3 3 2 3 3 2	10
4. „	3 3 2 2 3 2 3 1 3 3	10
5. „	2 2 3 2 3 1 2 3 2 2	11

Windstärke = 6.

	Grösse der einzelnen Wellen	Anzahl der Wellen in 1 Min.
1. Minute	3 1 3 2 1 3 3 1 2 1 2 2	12
2. „	2 2 2 1 1 2 2 1 2 1 2 2 2	13
3. „	1 1 3 1 3 2 1 2 1 1 2 1	12
4. „	1 2 2 3 3 1 2 2 2 1 1 2	12
5. „	2 2 1 1 2 3 1 1 2 2 2 1	12

Windstärke = 2.

Auch Schott,*) welcher wohl ein periodisches Anwachsen des Seeganges während eines Sturmes zugiebt, ist der Meinung, das keineswegs eine bestimmte Zahl, etwa die Dreizahl, der Τριχυμία der alten Griechen, notwendig oder auch nur charakteristisch sei, sich unter südlichen Breiten vielmehr meist 4, 5

*) Richthofen, Festschrift, S. 262—63.

Digitized by Google

auch 6—8 grosse Wellen während eines Sturmes sich folgen, und glaubt, dass die Erregung der oberen hohen Wellengruppen mit den Böen der Stürme zusammenhänge. Je nach der längeren oder kürzeren Dauer der Böen würden die besonders hohen Wellen innerhalb der einzelnen Gruppen mehr oder weniger zahlreich sein, und je nach dem mehr oder weniger böigen Charakter des Sturmes überhaupt werde die Erscheinung besonders deutlich oder auch nur wenig ausgebildet sein. Ausserdem weist Schott speziell darauf hin, dass nur bei hoher, schwerer See solche Gruppenbildung vorzukommen scheine, sodass also auch seine Beobachtungen zu dem völlig regellosen Aufeinanderfolgen grösserer und kleinerer Wellen in den von mir bei schwachen und mittelstarken Winden beobachteten Fällen in keinem Widerspruche stehen.

Zeitintervalle bei Windstärke 3.
(in Sekunden) am Sylter Weststrande, nach eigenen Beobachtungen.

Minute	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
	6	5	3	4	7	5	3	5	4	5
	5	4	5	4	6	3	6	7	6	8
	4	3	6	5	3	4	4	4	3	6
	7	4	9	7	5	6	7	9	4	4
	4	6	7	7	7	5	5	4	9	7
	3	9	4	3	4	4	6	3	6	5
	6	7	3	4	5	5	6	6	5	3
	5	6	4	5	8	9	9	7	3	4
	6	4	6	6	4	6	3	5	6	5
	4	5	5	9	3	5	4	3	5	6
	5	4	6	4	6	4	4	4	8	4
	6	6	3			7			3	5
Mittlere Intervalle	5,1	5,3	5,1	5,3	5,3	5,3	5,2	5,2	5,2	5,2

Mittleres Intervall = 5,2 Sec.
Extreme 3 und 9.

Digitized by Google

Zeitintervalle bei Windstärke 5
(in Sekunden)

Minute:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
	5	6	7	6	4	6	7	4	5	6
	6	6	5	3	7	7	5	6	4	6
	3	4	3	10	6	6	5	7	6	5
	8	5	8	5	5	5	6	4	9	7
	11	4	6	6	7	7	4	6	6	4
	5	6	7	4	8	4	5	5	4	6
	5	3	4	5	6	6	7	6	5	4
	4	5	5	7	4	4	4	6	6	5
	7	4	6	6	5	6	7	4	6	6
	5	8	4	5	6	5	8	7	4	6
	4	6	10	6			6			
Mittlere Intervalle	5,7	5,1	5,9	6	5,8	5,6	5,8	5,5	5,5	5,4

Mittleres Intervall = 5, 6.
Extreme 3 und 11.

Vergleichen wir ferner die von mir gefundenen Durchschnitts-Intervalle (s. S. 27, 28) zwischen den einzelnen Wellen mit Resultaten anderer Beobachter, so stossen wir in dieser Beziehung teils auf Übereinstimmung, teils auf beträchtliche Abweichungen. So finden wir z. B. bei entsprechenden Windstärken ähnliche Resultate angeführt von Schott, welcher an Bord der Bremer Segelschiffe „Robert Rickmers“ und „Peter Rickmers“ im südlichen Ocean eingehende Wellenbeobachtungen gemacht hat und folgende Perioden angiebt:

Tabelle I Windseen.

No. der Untersuchung	Windstärke B. Sk. 0—12	Seegang Stärke 0—9	Geschwindigkeit in Meter per Sek.	Höhe in m. nach Schätzung	Periode in Sekunden
1	5	4	7.2	0.8	4.6
2	5	4	7.4	1.0	4.9
3	5	4—5	7.8	1 8—2.0	5.0
4	6	4—5	8.2	2.5	5.4
5	5—6	5	8.8	4.0	6.6
6	6	5	10.2	4.5	6.0
7	9	7	—	9.0	—
8	8—9	7	14.7	7.8	8.8
9	9	7	—	10 u. 7	—
10	10	8—9	—	bis 12 m.	—

Digitized by Google

Tabelle II Dünung.

No. der Untersuchung	Windstärke B. Sk. 0—12	Seegang Stärke 0—9	Geschwindigkeit in Meter per Sek.	Höhe in m. nach Schätzung	Periode in Sekunden
1	2—3	3	8.2	1.2	5.0
2	1	3	9.5	0.8	5.2
3	0	5	12.0	2.5	7.0
4	0	4	13.6	2.0	7.4
5	5	6	—	5.0	—
6	5	6	14.8	6.0	9.5
7	0	5	17.4	4.0	10.0
8	5	7	23.5	7.5	14.5

Wie aber Schott selber bemerkt, handelt es sich hier um Wellen, welche auf hoher offener See über tiefem Wasser beobachtet wurden, während alle Messungen von Wellen in der Nähe von Land über Banken u. s. w. ausgeschlossen waren wegen der theoretisch und praktisch veränderten Bedingungen, denen die Wellen der letzteren Art unterliegen. Infolge dessen können auch wir letztere Werte kaum zum Vergleich mit den bei Sylt gefundenen heranziehen, da es sich gerade um Wellen in seichtem Wasser und in der Nähe von Land handelt. — Betrachten wir dagegen die von Pechuel-Loesche veröffentlichten, vorhin erwähnten Resultate über die Wellenperiodizität an der westafrikanischen Küste, dann tritt uns ein auffallender Unterschied gegen die an der Nordseeküste gewonnenen entgegen. Denn während dort, wo die Roller, dem südatlandischen Ozean entstammend, eine ausserordentliche Grösse erreichen, nach einer längeren Beobachtungsreihe als Mittel der Zeitintervalle 15,13 und nach einer anderen 14,23 Sek. gefunden wurden, welches in 1 Minute nur ca. 4 Wellen ergeben würde, fand ich bei Sylt ein Durchschnittsintervall von 5,2—5,6 Sek. und 10—12 Wellen in der Minute. s. S. 27 u. 28.

Vergleichen wir endlich die Häufigkeit der Wellen an der Küste der Nordsee mit der auf der offenen Nordsee, so weichen auch diese in sehr beträchtlichem Grade von einander ab. Denn nach Andresen *) beträgt die Anzahl der Wellen in einer Minute auf der offenen, freien Nordsee im Durchschnitt 6, das Durchschnittsintervall also 10 Sek.

*) Andresen, Am Klitterne, S. 20.

Digitized by Google

Es findet also, sei es eine plötzliche oder eine allmählige Steigerung der Wellenanzahl, ein Zusammendrängen der Wellen zwischen der offenen Nordsee und dem Endpunkte der Roller am Ufer der cimbrischen Flachküste statt.

Eine hinlängliche Erklärung aber für einen so auffallenden Unterschied in der Wellenperiodizität an zwei verschiedenen Küsten oder zwischen dem Küstengebiet und der offenen See suchte ich vergebens in der mir zugänglichen Litteratur. Die Abweichung in der Periodizität der Wellen an der atlandischen Küste und der Nordsee-Küste ist wohl dadurch erklärlich, dass die Meeresbecken an Grösse und Tiefe so verschieden sind, aber wie entstehen in einem und demselben Meere in grösserer und geringerer Entfernung von der Küste so durchaus verschieden grosse Wellenperioden?

Denn möge auch durch das Seichterwerden des Grundes und die dadurch entstehende grössere Reibung jede einzelne Welle auf ihrem Wege von der tieferen See nach der Küste hin eine Verzögerung erleiden, und auch die Wellenlänge naturgemäss eine geringere werden, die Anzahl der in 1 Minute am Strande auflaufenden Roller könnte dadurch doch in keiner Weise beeinträchtigt werden, sondern müsste dieselbe bleiben am flachen Gestade wie auf der tiefen See.

Wir werden also genötigt anzunehmen, dass eine Neubildung von Wellen, eine Vermehrung ihrer Zahl zwischen dem Entstehungs- und dem Endpunkte stattfinde, und zwar in der Weise, dass manchmal an irgend einer Stelle durch Teilung einer Welle zwei entstehen. Nichts liegt nun dem Beobachter an der Nordseeküste näher, als die schon erwähnten, parallel mit der Küste verlaufenden Sandriffe als Ursache einer solchen Teilung anzusehen. Wenn eine Welle an einem Sandriff angekommen ist, wird sie meistens brechen und zum Teil über dasselbe hinweggelangen, der andere Teil aber wird einen Rückprall und damit eine Verzögerung erleiden, bis er durch den Druck der nächstfolgenden Welle die genügende Höhe und Kraft erlangt, um das Hindernis zu überwinden und der vorausgeschickten Hälfte landeinwärts nachzueilen. Ein Beweis für die Richtigkeit dieser Annahme würde zwar erst durch den Augenschein an Ort und Stelle erbracht werden können. Dass aber solche Beobachtungen

Digitized by Google

bisher nicht gemacht sind, dürfte wohl durch die Lebensgefahr begründet sein, unter der man nur einem solchen Riffe der Nordsee sich nähern könnte. Aber, dass in Berichten über andere Küstengebiete, an denen Wellenbeobachtungen gemacht wurden, ähnliche Sandriffe überhaupt keine Erwähnung finden, lässt vermuten, dass solche an den Stellen der Beobachtung auch nicht vorhanden gewesen seien und deshalb die Richtigkeit unserer Hypothese um so wahrscheinlicher erscheinen, dass in der That die Sandriffe, die an der Nordseeküste zugleich mit einer unverhältnismässig grösseren Anzahl von Wellen, als dort in der gleichen Zeit vorkommen, eben diese Wellen durch Teilung vermehren und so die Zeitintervalle zwischen den einzelnen Brechern am Strande durchschnittlich auf die Hälfte bis ein Drittel herabsetzen.

Bezüglich der Temperatur des Meerwassers bei Sylt, d. h. an der Oberfläche, konnte festgestellt werden, dass dieselbe einerseits die der umgebenden Luft während eines grossen Teils des Sommers 98 nicht nur erreichte, sondern meistens noch überstieg, andererseits stets geringeren Schwankungen unterlag, als die der Luft. 12malige Beobachtungen, angestellt im Monat Juni bei Westerland, jedesmal 7 Uhr morgens, ergaben beispielsweise folgendes:

Tag des Monats Juni 1899	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
In Graden n. Cels:												
Luftwärme	16	13	13	12	12	13	12	12	14	15	13	13
Wasserwärme	15	$14^1/_2$	15	15	15	14	13	14	$14^1/_2$	15	15	$14^1/_3$

Hiernach war in den 12 Tagen die mittlere Temperatur um 7 Uhr morgens für die Luft gleich 13,17, für das Meerwasser gleich 14,54, die mittlere Schwankung von einem Morgen zum anderen bei der Luft = 1, bei dem Wasser = $^1/_2$, nnd endlich das Extrem der Schwankung bei ersterer = 3 und bei letzterer = 1.

Hinsichtlich der Umlagerung am Weststrande von Sylt sei noch auf Tafel III aufmerksam gemacht. Um auch im Profil ein Bild zu gewinnen über die Veränderungen, welche die Küste auch in der neuesten Zeit erleidet, wandte ich mich an den

Digitized by Google

Buhnenaufseher Herrn Erichsen in Tinnum, der im Besitze einer zahlreichen Reihe von Messungsresultaten aus den Jahren 1891 bis 1897 sich befand. Von letzteren seien hier 2 Zahlreihen wiedergegeben, welche sich auf solche Stellen der Küste beziehen, die in dem Zeitraum von 6 Jahren besonders grossen Umgestaltungen unterworfen waren.

Querprofile der Westküste von Sylt.

Profil I Vgl. Tafel III
250 m nördl. v. Buhne 31
15750 „ „ der bei
Westerland gebaut. Buhne 1

Profil II
250 m nördl. von Buhne 17 oder
8750 „ „ „ „ 1 bei
Westerland.

Entfernungen in Metern vom 0 Pfahl.	Aufnahme v. 5. 10. 91 Höhenangaben üb. Normal-Niedrig-Wasser in Metern	Aufnahme v. 2. 6. 97 Höhenangaben üb. Normal-Niedrig-Wasser in Metern	Aufnahme v. 8. 10. 91 Höhenangaben üb. Normal-Niedrig-Wasser in Metern	Aufnahme v. 14. 7. 97 Höhenangaben üb. Normal-Niedrig-Wasser in Metern
— 75		8,34	7,48	8,27
— 70		8,35	7,86	9,0
			(66) 9,30	(67) 10,16
— 65	8,28	8,48	9,24	9,58
		(63) 8,17		(60,5) 9,10
— 60	8,37	5,30	9,32	8,63
		(58) 4,25		
— 55	8,27	3,69	9,30	6,55
— 50	7,66	3,05	9,64	5,59
— 45	7,04	2,44	9,99	4,79
— 40	6,16	2,28	7,29	4,05
— 35	5,83	1,99	5,69	3,70
— 30	5,75	1,61	4,81	3,26
— 25	5,23	1,23	3,92	3,03
— 20	4,36	0,54	3,54	2,97
— 15	3,65	— 0,19	3,12	2,95
— 10	3,34	— 0,94	2,59	2,95
— 5	2,91		2,07	2,81
± 0	2,44		1,58	2,53
+ 5	2,14		1.03	2,53
+ 10	1,61		0,42	2,18
+ 15	1,05		— 0,03	1,96
+ 20	0,48		— 0,52	1,57
+ 25	—0,04			1,10
+ 30	—0,19			0,46
+ 35	—0,33			— 0,23

Digitized by Google

Zur Erläuterung vorstehender Tabellen und der zu Profil I von mir hergestellten Zeichnung auf Tafel III sei folgendes hinzugefügt: Im Jahre 1891 wurden unter Leitung eines Wasserbaumeisters am Strande in gewissen Entfernungen, gewöhnlich 10 –15 m, oberhalb des normalen Standes des Hochwassers Pfähle eingeschlagen, welche als Null-Pfähle bezeichnet wurden. An diesem Punkte wurde bei den einzelnen Aufnahmen die Höhe der Sandoberfläche über Normal-Niedrigwasser gemessen; letztere betrug z. B. bei Profil I im Jahre 91 2,44 m, während die Oberfläche an demselben Punkte 6 Jahre später schon mehr als 1 Meter tief unter Niedrig-Wasser lag. Von diesem sogen. Null-Pfahl ausgehend wurden dann sowohl nach der Küste als nach dem Wasser zu in Entfernungen von je 5 m. die Höhenmessungen über ord. N. W. (= Normal-Niedrigwasser) wiederholt, wobei die ersteren Entfernungen mit —, die letzteren mit + bezeichnet wurden. Eine wie bedeutende Masse in dem Zeitraum von 6 Jahren beispielsweise 250 m nördlich von der Buhne 31 dem Ufer entrissen worden ist, das zeigt nun die Tafel III, auf welcher die beiden Profile aus dem Jahre 91 und 97 nach den mir überlassenen Messungsresultaten gezeichnet wurden, in anschaulicher Weise.

Verlassen wir jetzt die Westküste von Sylt, um die völlig andersartigen Verhältnisse an der Ostküste von Sylt einer kurzen Betrachtung zu unterziehen. Auch hier wechselt Aufbau mit der Zerstörung von Land. Während von dem 2—3 Fuss über dem Meeresspiegel gelegenen Ufer der nördlich von dem Dorfe Braderup sich befindlichen Wiesen durch Sturmfluten oft Stücke von 10 –30 cm. Breite sich loslösen, findet an anderen Stellen ein nicht unbedeutender Anwachs statt. Aber, wie einerseits durch den Aufwand verhältnismässig geringer Mittel und Arbeit der Landverlust an erstgenannter Stelle vermieden oder wenigstens auf ein geringes reduziert werden könnte, wie es einige schon gemachte Versuche, an einzelnen Stellen das Ufer durch hinausgeworfene Stein- und Geröllmassen abzuschrägen, gezeigt haben, ebenso wäre auch ein bei weitem bedeutenderer Anwachs an anderen Küstenstrecken möglich, falls nur die Bewohner der Insel dem Meere etwas mehr zu Hülfe kommen würden, seine Sedimente abzusetzen, und bestrebt wären, sie sich

Digitized by Google

zu sichern. Denn die wesentlichste Bedingung für die Ablagerung von Sedimenten, die an der Westküste der Insel fast gänzlich fehlt, ist hier an der Ostküste an dem gegen die starken und häufigen westlichen Winde sehr geschützten Haff in relativ hohem Masse vorhanden. Die beste Gelegenheit bei Sylt, das Absetzen von Schlickteilchen zu beobachten, bietet die Küstenstrecke südlich von Keitum, „Anwachs" genannt, wo ausnahmsweise das Anschlicken durch mehrere Reihen parallel dem Ufer eingesteckter Reisige gefördert wird.

Hier hatte ich zur Ebbezeit eine Cigarrenkiste ohne Deckel so in den Schlick hineingestellt, dass sie zur Hälfte darüber hinaus ragte und bei normalem Wasserstand nur zur Zeit der höchsten Flut unter Wasser stand. Nach 20 Tagen hatte sich die Kiste schon bis zu einer Höhe von fast 3 cm. mit Schlick gefüllt, abgesehen von einigen kleinen Muscheln und Pflanzenteilchen, die vor dem Massnehmen entfernt wurden. Ein Paar mit geschnittenen Marken versehene Stöcke, die an demselben Orte eingesteckt wurden, um die Erhöhung des Grundes in einer bestimmten Zeit zu messen, wurden leider vor Ablauf der Beobachtungszeit durch unbekannte Hand entwendet. Dass aber hier fortwährend ein bedeutender Aufbau stattfindet, wird sowohl durch die Aussagen der Anwohner bestätigt, als auch hier und da in Beschreibungen von Sylt erwähnt. So sagt Wegele*) dass, wenn nicht grosse Sturmfluten hemmend dazwischen treten, die Änderungen zu Ungunsten des Meeres hier jährlich fast 20 m betragen; und Hansen**) schreibt in den 40er Jahren, dass die neueste dem Meere abgenommene Landfläche, welche an der Nordseite der östlichen Halbinsel liege, 180 Demath — auf Sylt 1 Demath = 180 Q.-Ruthen zu 21,023 qm. — gross sei und sich in den letzten 60—70 Jahren, also seit ca. 1780, gebildet habe.

Auf welche Weise nun dieses Anschlicken von Marschland geschieht, ist in Beschreibungen der Festlandmarschen, wo Beobachtungen noch in grossartigerem Massstabe zu machen sind als an der Insel Sylt, von zahlreichen Autoren bis in die Einzelheiten ausgeführt und möge hier nur der Vollständigkeit halber kurz

*) Wegele, das Nordseebad Sylt 41.

**) Hansen, die Insel Sylt, in geschichtlicher und statistischer Hinsicht, 28.

Digitized by Google

angedeutet werden: Der Flutstrom führt stets eine Menge vom Meeresgrunde aufgewühlten Thon und Schlamm mit sich. Sobald das Meer seine gewöhnliche Fluthöhe erreicht hat, pflegt ein fast halbstündlicher Stillstand im Wasser einzutreten, ehe der Ebbstrom recht merklich wird. Während dieser Zeit setzt sich hauptsächlich der von dem Meere an das Ufer oder auf die Watten getragene Schlamm ab, aus welchem Grunde das Meerwasser zur Zeit der Ebbe stets klarer aussieht als zur Zeit der Flut.

Um uns aber erklären zu können, wie innerhalb der kurzen Zeit von nur einer halben Stunde so grosse Mengen Schlick aus dem trüben Meerwasser gefällt werden können, müssen wir uns wiederum die schon früher erwähnte Eigenschaft des letzteren vergegenwärtigen, sich weit schneller abzuklären als das Süsswasser, und werden hierdurch nochmals angeregt, das Meerwasser zunächst auf seine chemischen Bestandteile zu untersuchen und darnach durch weitere Versuche festzustellen, wie gross denn eigentlich der Unterschied in der Abklärungsfähigkeit des Salz- und des Süsswassers sei.

Was die chemische Zusammensetzung des Nordseewassers anbetrifft, so finden sich nach einer neueren chemischen Analyse seitens des Professors am Polytechnikum in Stuttgart, Dr. Hell und seines Assistenten, Dr. Schwab, in hundert Teilen des Seewassers bei der Sylt benachbarten, um ein Paar Meilen südlicher gelegenen Insel Föhr *)

	3 Stunden vor	3 Stunden nach Hochwasser
Schwefelsaurer Kalk	0,1116	0,1146
„ „ Kali	0,0837	0,0853
„ „ Magnesia	0,1315	0,1371
Chlormagnesium	0,3124	0,3204
Chlornatrium	2,3190	2,3491
Kieselsäure	0,0004	0,0004
Thonerde, Eisen- mit etwas Kupferoxyd	0,0012	0,0013
Phosphorsäure, Borsäure und Ammoniak	Spuren	Spuren
Summe der festen Salze	2,8598	3,0082

*) Das Nordseebad Wyk a. Föhr von Dr. Gerber, Badearzt. S. 53.

Digitized by Google

Der quantitative Unterschied der Bestandteile des flutenden und ebbenden Seewassers ist freilich nur gering; da sich derselbe aber bei allen ergiebt, kann ein Fehler in der Untersuchung nicht angenommen werden. Die Erklärung dieser Erscheinung findet Prof. Hell gewiss richtig in dem Umstande, dass der Flutstrom kleine Wassermengen der sich in die Nordsee ergiessenden Elbe und Weser mit sich führt, und dass nach dem Hochwasser der relative Salzgehalt durch Verdunstung zunimmt. Dass in der That die Verdunstung einen Einfluss auf den Salzgehalt des Meerwassers ausübt, dafür dienen Veröffentlichungen der Reichskommission zur Untersuchung der deutschen Meere zur Bestätigung. Nach denselben*) beträgt nämlich der Salzgehalt nach dem Durchschnitt der letzten 10 Jahre:

im	Mai	3,15 %
„	Juni	3,16 %
„	Juli	3,21 %
„	August	3,22 %
„	September	3,20 %

Wie hieraus deutlich ersichtlich, erhöht sich mit der bis zum August zunehmenden Wärme, die naturgemäss auch eine steigende Verdunstung zur Folge hat, zugleich auch der Salzgehalt des Wassers, und mit dem Monat September, wo Wärme und Verdunstung wieder nachlassen, tritt auch eine Verminderung des Salzgehaltes wieder ein. Diese Thatsache dürfte wohl, wenn auch nicht beweisen, so doch jedenfalls sehr wahrscheinlich machen, dass die grössere oder geringere Verdunstung des Meerwassers einen entsprechenden Einfluss auf dessen Salzgehalt überhaupt habe.

Der vorhin angeführten chemischen Analyse gemäss besteht bei weitem der grösste Teil der im Seewasser enthaltenen Salze aus Kochsalz, sodass der Prozentgehalt an gelösten Stoffen ohne merklichen Fehler mit einem auf Kochsalz abgestellten Aräometer, welches bei meinen diesbezüglichen Untersuchungen angewandt wurde, ermittelt werden konnte. Nach dem Aräometer für Kochsalz nach Beaumé enthielt das Wasser bei Sylt im September 97 ein wenig über 3 % Salze, wohingegen das Wasser, welches

*) Beschreibung des Nordseebades Sylt, herausgegeben von der Sylter Seebadedirektion. S. 14.

Digitized by Google

einige Wochen später an der ca. 60 klm. südlicher gelegenen Insel Pellworm geschöpft wurde, einen genau dreiprozentigen Gehalt zeigte. Dieser, wenn auch nur geringe Unterschied im Salzgehalt des Wassers an den beiden Inseln dürfte zweifellos auf die verschiedenen Entfernungen derselben von den in die Nordsee mündenden Strömen, vor allen der Elbe, zugleich aber auch der Eider und der Weser zurückzuführen sein.

Dass das Meerwasser durch jenen Mehrgehalt an Salzen, die demselben ein entsprechend grösseres spezifisches Gewicht verleihen, auch zugleich eine grössere Tragfähigkeit erlangt, als das Süsswasser, erscheint nur natürlich und braucht am wenigsten denen, die mal in Süss- und in Salzwasser Schwimmbewegungen gemacht haben, bewiesen zu werden. Dass aber das Salzwasser trotz dieses höheren spezifischen Gewichtes die Eigenschaft besitzt, demselben mechanisch beigemengte feinere Bestandteile weit eher fallen zu lassen und sich somit abzuklären, diese Thatsache will den Erwartungen des Beobachters zunächst widersprechen und dürfte daher wohl wert sein, genaueren Untersuchungen unterzogen zu werden.

In Ermangelung von höheren für vorliegenden Zweck geeigneteren Gläsern, musste ich mich zunächst auf den gröbsten Versuch beschränken. Letzterer wurde im September 97 auf der Insel Pellworm angestellt. Von zwei gleich grossen Flaschen wurde die eine mit Meerwasser, die andere mit Regenwasser nicht ganz gefüllt, und in jede der beiden Flaschen genau die Hälfte eines vorher durch Regenwasser gut ausgelaugten Teiles Schlick hineingelassen, worauf die Suspensionen gleichmässig durchgeschüttelt wurden. Schon nach wenigen Minuten unterschied sich der Inhalt der ersteren durch eine grössere Klarheit, oder richtiger gesagt, weniger grosse Unklarheit von dem der anderen, und, während die weitere Abklärung des Salzwassers ausserordentlich schnell von statten ging, und schon am 2. Tage letzteres von daneben gehaltenem, reinstem Seewasser kaum mehr zu unterscheiden war, setzten sich im Regenwasser die feinsten Sedimente unvergleichlich langsamer ab, und eine völlige Klarheit war hier selbst nach 4 Wochen noch nicht eingetreten.

Ein etwas höherer Grad der Genauigkeit in dieser Untersuchung konnte erst erzielt werden, nachdem es mir endlich ge-

Digitized by Google

lungen war, in den Besitz von zwei 1.5 m hohen Cylindergläsern zu gelangen.

An der Aussenseite eines jeden dieser beiden Gläser, welche einen Durchmesser von 3,5 cm hatten, wurde ein aus Wachstuch bestehendes Metermass angebracht, an dessen beiden Seiten die 150 Centimeter-Teilstriche derart markiert waren, dass an der Aussenseite die Zahlen oben mit 1 anfingen und unten mit 150 abschlossen, während an der durch das Glas hindurch sichtbaren Innenseite die Zahlen in umgekehrter Reihenfolge gezeichnet waren. Von diesen Gläsern wurde nun das eine mit Meerwasser, welches von Pellworm in Flaschen mitgenommen war und 3 % Salzbestandteile enthielt, und das andere mit Süsswasser bis zum 8. Teilstrich von oben resp. 143. von unten gefüllt. Darauf wurden zwei genau gleich schwere Portionen von Schlick abgewogen, die ebenfalls vom Pellwormer Wattenmeer stammten, vor ihrer jetzigen Verwendung aber durch oft wiederholtes Übergiessen mit Regenwasser gründlichst ausgelaugt und darnach einige Tage gleichmässig getrocknet worden waren. Die abgewogenen Schlickbestandteile wurden nun in die Gläser gebracht und durch wiederholtes Durchschütteln nach Möglichkeit gleichmässig unter die beiden Flüssigkeiten verteilt, worauf die beiden Gläser in vollständiger Ruhe neben einander aufgestellt blieben. Es wurden nun Beobachtungen gemacht und die betr. Resultate notiert während der ersten Stunde alle 5, während der zweiten alle 10, während der dritten alle 15 und während der vierten alle 30 Minuten und von da zunächst nach jeder Stunde (s. Notizen). Der Kürze halber sei das Glas mit dem Salzwasser A und das andere mit dem Süsswasser B benannt.

Schon nach wenigen Minuten machte sich im Verhalten der beiden Flüssigkeiten ein deutlicher Unterschied bemerkbar. Während bei B nur eine der ganzen Länge nach ganz gleichmässig trübe, dunkelgraue Flüssigkeit beobachtet werden konnte, entwickelte sich in dem obersten Teil von A ein nach oben hin immer mehr ins Gelbliche fallendes Grau; diese Zone dehnte sich in den folgenden Minuten immer weiter nach unten hin aus und nahm nach oben hin stetig an Helligkeit zu. Der Höhenstand der zuerst abgelagerten, gröbsten Sedimente auf dem Boden der Gläser konnte zunächst bei keinem von beiden wegen

Digitized by Google

des zu schmutzig-trüben Aussehens der unteren Partien festgestellt werden. Das Ergebnis der weiteren Beobachtungen für die erste Stunde war folgendes:

Die hellere Schicht reichte bei A (Seewasser), nach den äusseren Centimeterstrichen angegeben,

Nach	10	Minuten	von	8	bis	ca.	20,	also	12	cm.	tief
„	15	„	„	„	„	„	37,	„	29	„	„
„	20	„	„	„	„	„	55,	„	47	„	„
„	25	„	„	„	„	„	74,	„	66	„	„
„	30	„	„	„	„	„	82,	„	74	„	„
„	35	„	„	„	„	„	91,	„	83	„	„
„	40	„	„	„	„	„	102,	„	94	„	„
„	45	„	„	„	„	„	115,	„	107	„	„
„	50	„	„	„	„	„	127,	„	119	„	„
„	55	„	„	„	„	„	137,2,	„	129,2	„	„
„	60	„	„	„	„	„	137,5,	„	129,5	„	„

Der Höhenstand der gröberen, zu Boden gesunkenen Sedimente konnte bei A erst nach 55 Minuten festgestellt werden, nachdem die helle Schicht bis hierher vorgedrungen und eben die Abgrenzung gegen denselben bildete. Erst von jetzt an konnten 2 deutlich von einander unterscheidbare Teile wahrgenommen werden, nämlich erstens eine gleichmässig nach aufwärts an Helligkeit zunehmende, sich fortwährend weiter abklärende, aber nunmehr nur langsam nach unten sich ausdehnende obere Partie, in der sich noch feinere Sedimente suspendiert befanden, und zweitens eine untere Partie, enthaltend die gröbsten Sedimente, welche durch ihre eigene Schwere sich allmählich immer mehr comprimierten, und zwar in einem stärkeren Grade, als dass das an Volumen Eingebüsste durch die zwar fortwährend, aber doch in immer geringerem Masse aus der oberen, erstgenannten Partie sich neu absetzenden Sedimente ausgeglichen werden konnte. Die Höhe dieses Abschnittes, welche, wie die Notizen angeben, nach 55 Minuten bis 137,2 also 12,8 cm. vom Boden des Glases reichte, musste also immer geringer werden, wie die darauf folgenden Beobachtungen bestätigen. — Was nun speziell die Klarheit des oberen Abschnittes betrifft, so konnte man nach den ersten 40 Minuten in der obersten Region den aus Wachstuch bestehenden, an die Aussenfläche angeklebten Streifen

Digitized by Google

soeben durch die Flüssigkeit hindurch erkennen, ohne jedoch die an demselben angebrachten Zahlen annähernd ablesen zu können. Auch nach 60 Minuten konnte man hier die einzelnen Zahlen noch nicht lesen, wohl aber dieselben jetzt gegen den weissen Untergrund sich deutlich abheben sehen.

Wenden wir uns dem Süsswasser zu, so war hier während der ersten Stunde keine hellere Schicht in dem oberen Teil der Flüssigkeit wahrzunehmen, die sich ähnlich wie bei A gegen tiefere, dunklere abgegrenzt hätte, sondern die ganze Flüssigkeit schien gleichmässig trübe zu sein. Dagegen konnte hier, im Gegensatz zu A, schon nach 20 Minuten die Grenze zwischen den schon auf dem Boden des Glases ruhenden groben Sedimenten und der darüber befindlichen, mit feineren Bestandteilen geschwängerten Flüssigkeit wahrgenommen werden. Es reichten bei B die gröberen abgelagerten Sedimente vom Boden des Glases an Aussenteilstrich

nach	20	Minuten	bis	143,6	oder	6,4	cm	hoch
„	30	„	„	143,1	„	6,9	„	„
„	40	„	„	142,9	„	7,1	„	„
„	50	„	„	142,8	„	7,2	„	„
„	60	„	„	142,8	„	7,2	„	„

Wie hieraus ersichtlich, war einerseits der Höhenstand des Schlickes bei B, wie vorhin angedeutet, schon um 35 Minuten früher erkennbar, andererseits aber nach Verlauf der ersten Stunde trotzdem um 5,3 cm niedriger als bei A.

Diese Erscheinung kann nur so ihre Erklärung finden, dass bei B sich nur die gröbsten Sedimente schnell abgesetzt hatten, die feineren Bestandteile aber ziemlich gleichmässig in der ganzen Flüssigkeit suspendiert blieben und so im Aussehen einen unschwer zu erkennenden Unterschied gegen die schon abgelagerten zuliessen, während bei A sehr bald auch die feineren Schlickteilchen in solcher Menge abwärts sanken und durch ihre Verdichtung in der unteren Cylinderhälfte dieser ein zunächst noch so trübes Aussehen verliehen, dass erst nachdem auch von diesen feineren, aber dicht konzentrierten Sinkstoffen der grösste Teil sich den gröberen aufgelagert hatte, eine Abgrenzung des Abgesetzten gegen das noch in Suspension Befindliche wahrgenommen werden konnte. Dass, nachdem dies eingetreten, also nach 55

Digitized by Google

Minuten, die Schlickhöhe bei A eine grössere sein musste, als bei B, ist klar. Ebenso verständlich wird aber der von diesem Zeitpunkt an zu beobachtende Unterschied in dem Verhalten der beiden abgelagerten Schlickschichten, dass nämlich bei B eine fortwährende Zunahme, bei A Abnahme stattfindet. Die Abklärung befand sich bei B gewissermassen in einem noch viel jüngeren Stadium, und der Zuwachs von oben konnte eben wegen des bei weitem grösseren Vorrats an noch suspendierten Schlickteilchen denjenigen bei A übertreffen, und zwar um so viel, dass durch denselben nicht allein die durch ihre eigene Schwere entstehende Kompression aufgewogen wurde, sondern auch noch eine stetige Höhenzunahme stattfinden konnte, die sich ebenfalls während der folgenden Stunde fortsetzte, umgekehrt wie bei A wo der Nachschub aus der oberen, fast ganz abgeklärten Flüssigkeit immer spärlicher wurde, und infolge dessen eine fortwährende Abnahme der Schlickhöhe zu konstatieren war.

Während der zweiten Stunde trat ein immer grösser werdender Unterschied in dem Aussehen der beiden Flüssigkeiten ein; während das Salzwasser eine milchig-weisse Farbe annahm und dadurch ermöglichte, das Lesen der an der Innenseite des Metermasses angebrachten Zahlen immer weiter nach unten auszudehnen, trat bei dem Süsswasser eine allmählich mehr und mehr vom Grau ins Gelbliche überspielender Farbenton ein, der dasselbe an allen Schichten ebenso undurchsichtig liess, wie bisher.

Am Schluss der zweiten Stunde hatten sich in den oberen Salzwasserschichten auch die feinsten Sedimente schon bis zu einem solchen Grade gesenkt, dass hier nicht nur die grossen cm. Zahlen, sondern auch schon feinere Druckschrift bis zu einer Tiefe von 2—3 cm gelesen werden konnte.

Bei B sah man erst in der siebenten Stunde, also ca. 6 Stunden später als bei A, eine hellere, dem Eiweiss an Farbe ähnliche, schwach durchsichtige Schicht gegen die darunter befindlichen sich abgrenzen, aber in ganz anderer Weise, als vorher bei A beobachtet wurde, indem bei der völlig gleichmässigen Helligkeit in allen Höhen ein viel schrofferer Übergang von dieser jetzt auch von feineren Sedimenten befreiten Schicht zu der schmutzig-gelben stattfand, als bei A, wo es nicht möglich war, eine bestimmte Grenze der beiden allmählich in einander über-

Digitized by Google

Nach St.	Nach Min.	Bei A: innere Cm. Zahlen lesbar bis	Bei A: also bis zu einer Tiefe von cm	Höhenstand der abgelagerten Sedimente nach cm bei A	Höhenstand der abgelagerten Sedimente nach cm bei B
		aber noch			
1	10	142 undeutl.	1	12,4	7,3
1	20	139	4	12,0	7,4
1	30	130	13	11,6	7,5
1	40	122	21	11,3	7,6
1	50	103	40	11,05	7,7
			Druckschrift leserlich		
2	—	27	116 2—3 cm	10,9	7,8
2	15	12	131 7—9 „	10,7	8
2	30	11(amSchlick)	132 40—50„	10,4	8,2
2	45	Jetzt auch Druckschrift lesbar bis 132, also bis zur Höhe der abgelagerten Sedimente herunter.		10,2	„ „
3	—			10	8,2
3	30			9,7	8,3
4	—			9,4	„ „
5	—			8,9	8,4
6	—			8,6	„ „
7	—			8,4	„ „
8	—			8,25	8,3

gehenden Schichten anzugeben. Aus letzterem Grunde hatte ich bei dem Salzwasser zwei verschiedene Massstäbe zur Angabe des Abklärungsstadium angewandt, einmal die Lesbarkeit der leichter erkennbaren, am Metermass angebrachten grossen Ziffern für die tieferen Partien, und zweitens die schwerer lesbare, gewöhnliche Zeitungs-Druckschrift für die höheren. Bei dem Süsswasser dagegen fielen beide Möglichkeiten, grobe und feine Schrift durch die Flüssigkeit hindurch zu lesen, fast zusammen. Entsprechend der viel langsameren Abklärungsfähigkeit des Süsswassers überhaupt, fiel auch das sehr viel langsamere Wachsen der helleren Schicht nach unten hin auf. Bei A war der für Druckschrift durchsichtige Teil schon nach 2 St. 45 Min., bei B erst nach 60 Stunden an den abgesetzten Sedimenten angelangt. Abgesehen aber von der Schnelligkeit zeigte sich auch der schon vorhin erwähnte Unterschied in der Art und Weise der Abklärung immer wieder. So konnte bei B beispielsweise

Digitized by Google

Nach Stunden	Bei B		Höhenstand der abgelagerten Sedimente bei	
	Druckschrift lesbar bis bis	also bis zu einer Tiefe von cm	A	B
9	140	3	8.1	8,3
10	139,9	3,1	7,95	„
11	139,8	3,2	7,8	8,25
12	139,7	3,3	7,7	8,2
16	138,7	4,3	7,3	8
20	137,5	5,5	7,2	7,9
24	136	7	7,1	7,8
36	125	18	7	7,6
48	76	67	„	7,55
60	7,5	135,5	6,9	7,5
72	„	„	„	„

nach 36 Stunden, wo die hellere Schicht 18 cm tief reichte, bei der in allen Höhen dieser Zone gleichmässigen Klarheit, gedruckte Schrift mit genau derselben Deutlichkeit in der Tiefe von 18, als in der von 1 cm gelesen werden, während in der entsprechenden Zone von A stets ein der Höhe proportionaler Grad der Helligkeit zu konstatieren war.

In Bezug auf den Höhenstand der in beiden Gläsern abgelagerten Sedimente traten vom 3. Tage an kaum wahrnehmbare Änderungen mehr ein; höchstens konnte es sich um wenige Millimeter handeln, um die die beiden Schlickschichten während der folgenden Wochen sanken. Was die Klarheit anbetrifft, so war dieselbe bei dem Salzwasser schon nach 36 Stunden in der ganzen Höhe so vollständig hergestellt, dass es von klarstem daneben gehaltenem Wasser nicht zu unterscheiden war, während sie bei dem Süsswasser im Laufe der nächsten 2 Wochen zwar um ein wenig schärfer ausgeprägt wurde, letzteres aber immer noch einen schwach milchig-bläulichen Ton beibehielt, von dem es auch nach 6 Wochen noch nicht befreit war, sodass auch dann noch ein unschwer erkennbarer Unterschied zwischen Süsswasser und Meerwasser bestehen blieb.

Aus diesen Untersuchungen geht die schon von Sidell, Bre-

Digitized by Google

wer, Pechuel-Loesche beobachtete ausserordentlich grosse Abklärungsfähigkeit des Salzwassers gegenüber dem Süsswasser deutlich hervor, und zwar sind es die in demselben enthaltenen Salze, welche nach Bodländer *) als elektrolytische Leiter die schnellklärende Fähigkeit desselben erzeugen.

Derselbe Versuch, welcher mit gröbstem bis zu feinstem Sande, der vom Weststrande von Sylt mitgenommen war, wiederholt wurde, war schnell erledigt. Denn fast im Augenblick waren sämtliche Körner, hier jedoch ohne wahrnehmbaren Zeitunterschied im Salz- und Süsswasser auf dem Boden des Glases angelangt.

Der erste Versuch erklärt uns nun die Möglichkeit, wie innerhalb der nur halbstündigen Ruhe im Stande des Haffs zur Zeit der höchsten Flut selbst von den feinen Schlickteilchen so bedeutende Mengen abgesetzt werden können, wie es nicht allein der Versuch am sogen. „Anwachs" zeigte, sondern auch die Thatsache lehrt, dass bei dem täglich 2mal sich wiederholenden Vorgange durch die jedes Mal erneuerte Ablagerung allmählich eine wirkliche Erhebung des Grundes erfolgen kann, bis derselbe der mittleren Fluthöhe entwachsen sich nach und nach mit den für die einzelnen Höhen charakteristischen Pflanzen, wie Quendel, Andel und Horrig bedeckt und schliesslich nach weiteren Jahren durch Erscheinen des Weissklees dem Anwohner zu erkennen giebt, dass jetzt die Zeit der Reife für die Eindeichung gekommen sei.

Aus dem zweiten kurzen Versuch aber gewinnen wir einen neuen Gegenbeweis für die Möglichkeit, dass etwa Meeresströmungen die an der West- und Nordküste angeschwemmten Sande aus fernen Gegenden der See hierher gebracht haben könnten. Denn abgesehen davon, dass eigentliche Strömungen gar nicht in so grosse Nähe der Insel gelangen, als dass sie sich an dem Transport hierher beteiligen könnten, würde die Geschwindigkeit ihrer Vorwärtsbewegung im Vergleich zu der Geschwindigkeit des Sinkens in ihr enthaltener Sande viel zu gering sein, um letztere auf nennenswerte Strecken zu verschleppen.

*) G. Bodländer, Versuche über Suspensionen, im Auszuge mitgeteilt in den Nachr. Ges. d. Wiss. No. 7. 267—276.

Digitized by Google

Nehmen wir an, die Sande brauchten 1 Sekunde, um einen Meter zu sinken, und ferner, dass eine Strömung eine Geschwindigkeit von 1 Meter in der Sekunde hätte, so würden in sie irgendwie hineingeratene Sande in jeder Sekunde 1 m vorwärts bewegt werden, aber auch zugleich 1 m sinken. Wie weit sie unter solchen Umständen überhaupt verschleppt werden können, ist leicht zu berechnen, wenn die Wassertiefe und die Mächtigkeit der Strömung bekannt ist.

Schliessen wir hiermit die Untersuchungen über die Umlagerungen an der Küste von Sylt und wenden uns denjenigen auf der Oberfläche der Insel zu.

Während am Strande der Wind hauptsächlich indirekt, durch Vermittelung des Wassers seine zerstörende und umlagernde Thätigkeit ausübte, ist sein umgestaltender Einfluss auf die Oberfläche der Insel ein mehr direkter, unvermittelter. Vergleichen wir die Leistungen der Brandung am Gestade und der Winde auf dem Lande, so bemerken wir in quantitativer Beziehung weitgehende Unterschiede. Trotz seiner bei weitem grösseren Geschwindigkeit ist die Wirkung doch viel schwächer, als die des Wassers. Ausser seiner weit grösseren Dichte tritt zu Gunsten des Wassers mit seiner Stosskraft noch seine lösende Kraft hinzu, die seine Fähigkeit, das Feste zu zerstören, bedeutend erhöht. Die direkte Wirkung des Windes beschränkt sich daher auf ein bedeutend engeres Feld, als die des Wassers, nämlich auf die lockeren Sande und thonigen Gesteine.

Freilich ist durch Vermittelung der Sande auch eine gewisse Einwirkung des Windes auf festere Stoffe nicht zu verkennen. So sieht man nicht selten an den nach Westen gelegenen Fenstern, namentlich an der Westseite der Insel, mattgewordene Scheiben, die von dem mit Sand geschwängerten Westwinde abgeschliffen worden sind. Um zu beobachten, wie bald und in wie starkem Masse der Sandflug auf solche glatte Glasfläche einwirken könne, hatte ich an einer dafür geeigneten Stelle einer Düne auf List eine Flasche ausgestellt, um deren Mitte ein 2 cm breites Band gebunden war. Wenn nur nicht müssige Badegäste, trotz angebrachter schriftlicher Bitte den Versuch für eine überflüssige Spielerei, oder Sylter Buben die Flasche selber für wertvoller gehalten hätten, als die an derselben anzu-

Digitized by Google

stellender Beobachtung. Jedenfalls war schon nach 2 Tagen die ausgestellte Flasche samt Band und Warnung „für wissenschaftliche Zwecke“ verschwunden.

Als schönstes Beispiel der mechanischen Arbeit des Windes durch Vermittelung von Sandkörnern sind die sogen. Dreikanter zu erwähnen, welche am Sylter Weststrande häufig vorkommen. Während die meisten Küstenbewohner, soweit ihnen überhaupt diese interessanten Gesteinsformen aufgefallen sind, durch den Fundort verleiten lassen, dieselben auf Wirkungen der am Strande unablässig arbeitenden Meeresbrandung zurückzuführen, werden wir genötigt, diese Anschauung zu verwerfen, wenn wir sie mit den zahllosen übrigen Steinen vergleichen, welche sich im Wellenspiele am Strande befinden. Denn sofort machen wir die Beobachtung, dass unter allen diesen die ovalen und rundlichen Formen ohne Ecken und Kanten die bei weitem vorherrschenden und zweifelsohne diejenigen sind, welche durch die Thätigkeit der auf- und abrollenden Wellen stets angestrebt und je nach der verschiedenen Härte der betr. Gesteine früher oder später auch erreicht werden. Wir müssen vielmehr annehmen, dass die Dreikanter nicht innerhalb des Wellenspiels ihre Form erhalten haben, sondern dass sie bei Hochfluten von den höher gelegenen unter normalen Verhältnissen trocken liegenden Partien des Strandes hierher entführt worden sind, dort oben aber schon unter der Einwirkung des Sandfluges ihre Gestalt angenommen hatten. Darauf weist uns erstens die manchmal sehr deutlich ausgebildete Ecke eines Dreikanters hin, die wir als letzten Rest der Basis des betr. Steines aufzufassen haben, welche der Wind von verschiedenen Seiten unterhöhlt und mit Sandkörnern beladen innerhalb längerer Zeiträume allmählich nach oben hin abgeschrägt hat. Zweitens werden wir in dieser Annahme durch Funde von Dreikantern im Binnenlande bestärkt. So sah ich in der Sammlung des „Naturwissenschaftlichen Vereins“ in Halberstadt eine grössere Anzahl von wunderbar regelmässig ausgebildeten Dreikantern, die in der Umgegend von Halberstadt an Stellen gefunden waren, an denen von einer Einwirkung von fliessendem oder brandendem Wasser weder jetzt noch in früheren Perioden habe die Rede sein können.

Digitized by Google

Wenden wir uns jetzt dem gewaltigsten und bedeutungsvollsten Produkte des Sandfluges auf Sylt zu, nämlich den dortigen Dünen.

Es sollen hier nicht so sehr die Gesetze untersucht werden, nach denen sich die Sande unter Einwirkung des Windes bewegen und lagern, da letztere von manchen Autoren, am eingehendsten wohl von Sokolow an den finländischen und kurländischen Dünen studiert und beschrieben *) worden sind, als vielmehr die fertigen Produkte des Sandfluges auf Sylt, um feststellen zu können, ob auch die kurzen Angaben, die in diesen und jenen Schriften über die Sylter Dünen gemacht sind, stets frei von Übertreibungen oder Irrtümern seitens ihrer Verfasser geblieben sind, und ob die Schlüsse, die aus der Existenz gewisser Formen auf ihre Bildungsweise gezogen worden sind, auch immer ihre Berechtigung haben.

Geben wir zunächst einige allgemeine Betrachtungen über die Sylter Dünen, um darnach auf die Form und Grösse einzelner näher einzugehen.

An der gegen das offene Meer gekehrten Westseite ziehen sich die Dünen als eine fortlaufende, von der Südspitze Hörnum bis zu Ellbogensodde, der Nordostecke der Insel, sich erstreckende Kette, die nur an der höchsten Stelle des roten Kliffs unterbrochen wird, wo man die Dünen von einander isoliert, in Entfernungen von 30—200 m. gelagert findet. Die Länge der Sylter Dünenkette kann infolge dessen gleich der grössten Ausdehnung der Insel von Süd nach Nord zu 35 klm. angenommen werden. Ihre Breite von West nach Ost ist sehr verschieden. Sie ist am beträchtlichsten in der Gegend von List, woselbst sie annähernd 4 klm. beträgt, am schmalsten bei Westerland; die Hörnumer Dünen haben im Durchschnitt reichlich 1 Kilometer an Breite. —

Die einzelnen Dünen bieten in Bezug auf Höhe, Form und äusseres Aussehen die grösste Abwechslung dar. Die älteren sind fast alle an der westlichen, den Stürmen preisgegebenen Seite vom Winde abgerissen, schroff, kahl oder mit langen Wurzelfasern des Dünengrases behangen; die östliche Seite derselben

*) Sokolow, die Dünen.

Digitized by Google

hat dagegen mehr abgerundete Formen und ist mit Dünenhalm, Sandroggen und Sandhafer, stellenweise auch mit Haide- oder Weidengebüsch bewachsen. In den Dünenthälern und -schluchten auf List und bei Kampen wächst allerlei Beeren tragendes Gestrüpp; die Dünenthäler Hörnums enthalten zum Teil freundliche Wiesenflächen und einzelne stehende Gewässer.

Reine Sanddünen ohne irgend welche Bewachsung giebt es nur noch einige wenige auf List, weshalb sich auch nur hier Gelegenheit fand den natürlichen Boschungswinkel der Luv- und Leeseite einer Düne zu beobachten. Die zu diesem Zweck ausgewählte Düne hatte auf der höchsten Stelle eine Höhe von ca. 15 m.

Was die Luvseite anbetraf, so war es bei der namentlich durch Sandwellen hervorgerufenen Unebenheit der Oberfläche mit den zur Verfügung stehenden Messapparaten nur bis zu einem gewissen Grad der Genauigkeit möglich, den Neigungswinkel zu bestimmen. Als Grenzwinkel konnten jedoch in dem unteren Teile der Luvseite ein Winkel von 3 und von 5^0 festgestellt werden, während weiter aufwärts die Steilheit ein wenig zunahm, ja von einer nahe dem obersten Teil gelegenen, 8 m. langen Strecke sogar $7—8^0$ betrug. Dies stimmt ungefähr mit den Untersuchungen von Forchhammer*), welcher an jütländischen, vom Meer nicht unterwaschenen Dünen einen Winkel von 5 bis 10^0 fand, sowie mit denen von Andresen**) überein, welcher für die Luvseite einen Neigungswinkel von 6 bis 12^0 angiebt. Die ein wenig von einander abweichenden Resultate von Forchhammer und Andresen lassen vermuten, dass auch sie keinen genauen Massstab bei den betr. Untersuchungen zur Anwendung gebracht haben. Wenn ferner dieser Winkel für die Dünen der Gascogne nach Brémontier, Élie de Beaumont Reclus und Delesse schwankt zwischen 7 und 12^0, ***) dagegen für diejenigen der frischen Nahrung nach Hagen ****) zwischen 4^0 40^1 und 5^0 52^1, so könnte man einen Grund für diese Abweichungen in einer verschiedenen Stärke des Windes und vielleicht zugleich auch in einer verschiedenen Korngrösse und Gestalt des Sandes suchen.

*) Sokolow, die Dünen, 75.
**) Andresen, Om Klitformationen.
***) Sokolow, die Dünen, 75,
****) Sokolow, die Dünen, 76.

Digitized by Google

Denn nach Untersuchungen sowohl von Sokolow als auch von Andresen nimmt die Grösse des Böschungswinkels aufgewehten Sandes zu mit der Stärke des Windes, wie auch mit der Grösse der einzelnen Körner. Der Gipfel der Düne bestand keineswegs aus einem scharfen Kamme oder einer Spitze, wie man es sonst oft an anderen Dünen beobachten konnte; vielmehr war es unmöglich zu unterscheiden, wo die Luvseite aufhörte und wo die Leeseite anfing, indem sich oben auf der Düne eine ca. 55 m lange Ebene mit weder zu noch abnehmender Höhe befand. Diese Ausbildung der Form jedoch glaubte ich durch die zufällige Lage der Düne erklären zu müssen. Sie lag nämlich gerade, wo sie am höchsten war, und jene erwähnte Ebene sich befand, zwischen zwei älteren, bewachsenen Dünen, welche 3—4 m über sie hinwegragten, die Luftbewegung beeinflussten und dadurch die natürliche Ausbildung eines scharfen Grates der Düne verhindern mussten.

Mit grösserer Genauigkeit konnte die Leeseite der Düne gemessen werden, da hier erstens ein grösserer Winkel, zweitens eine viel gleichmässigere Steigung und drittens eine von keinen Sandwellen in ihrer Form beeinträchtigte Oberfläche vorhanden war. Gleich dort, wo die neue Düne die rechts und links liegenden, an Längenausdehnung weit unbedeutenderen, alten Dünen überholt hatte, fiel sie unter einem Winkel von 21 ° ab und zwar auf eine Länge von 60 m, während sie die letzten 5 m die steilste Neigung, nämlich einen Winkel von 29 ° besass. Letzterer Winkel dürfte der Maximalböschung des trockenen, lockeren Sandes, dem sogen. Schutt- oder Reibungswinkel sehr nahe, wenn nicht gleichkommen. Nach Laboratoriumsversuchen von Sokolow *) erreicht nämlich die Böschung des trockenen Quarzsandes 36 bis 40 °, je nach der Korngrösse; wie er aber an derselben Stelle sagt, ist die Leeseite der Dünen stets etwas weniger steil als die angeführte Böschung. Zahlreiche von ihm an Dünen des finischen und Rigaer Meerbusens und der Ostsee ausgeführte Messungen ergaben für den Böschungswinkel einer regelmässig gestalteten Leeseite die Grenzwerte 29 und 32. Denselben Winkel von 29 ° fand ich noch an der Leeseite von 2

*) Sokolow „Die Dünen“ S. 82.

Digitized by Google

anderen Dünen auf List, und dass ich es überall mit der Maximalböschung zu thun hatte, und für die betreffenden Sande kein grösserer Winkel möglich gewesen wäre, bewies die Thatsache, dass die Wegnahme auch nur des geringsten Quantums Sandes an irgend einer Stelle der Oberfläche sofort ein Nachrutschen von oben, und zwar aus einer Höhe von mehreren Metern verursachte.

Wenn nun andere Beobachter einen durchschnittlich höheren Schuttwinkel gefunden haben, so kann der Grund hierfür darin gelegen haben, dass sie einen entweder grobkörnerigen oder auch mehr eckigen oder feuchten, kleberigen Sand vor sich gehabt haben, als derjenige ist, den man auf Sylt vorfindet. Denn je gröber das Korn, um so steiler kann die Böschung ausfallen, und unter den Sanden von gleicher Grösse, aber abweichender Gestalt des Kornes, bildet, wie von Sokolow *) festgestellt ist und auch leicht einleuchtet, der rundkörnigere sanftere Gehänge. Ausserdem könnten die aussergewöhnlich regenreichen Sommermonate des Jahres 1897 eine etwas flachere Böschung bewirkt haben als wir sie zu einer mehr trockenen Zeit antreffen würden. Diese Einwirkung des Reges wird ebenfalls von Sokolow *) erwähnt, indem nach seinen Beobachtungen „andauernder Regen die Böschung verflacht".

Was an der beschriebenen Düne besser als sonst irgendwo beobachtet werden konnte, waren die Sandwellen. Wie aber schon oben angedeutet, fanden sich dieselben hauptsächlich nur an der Luvseite, während sie an der Leeseite im oberen Teil nur wenig und im untersten Teil gar nicht vorhanden waren. Am höchsten und schönsten ausgebildet fand ich sie in der untersten Partie der Luvseite, also dort, wo die Böschung am geringsten, nämlich nur 2—3 ^{0} betrug. Hier erreichten, wenn wir, wie bei Wasserwellen, einen Wellenberg und ein Wellenthal annehmen wollen, die einzelnen Sandberge, welche annähernd einander parallel von Norden nach Süden verliefen, eine durchschnittliche Höhe von 22 cm, und die Entfernung der einzelnen Wellen von einander betrug im Durchschnitt 25 cm. Was an diesen Wellen das grösste Interesse erregte,

*) Sokolow, Die Dünen, 83.

Digitized by Google

war die an allen sich wiederholende Gleichartigkeit in der Verteilung des an Korngrösse verschiedenen Sandes; in den Wellenthälern fand sich immer der allerfeinste, an den Abhängen der einzelnen Berge der mittelgrobe und an den Gipfeln der grobkörnigste Sand. Im Gegensatz zu Sokolow *) fand ich hier also nicht „die grobkörnigen Sande nach der Leeseite der Wellenberge hinübergerollt", sondern genau auf der Höhe und von dort aus abwärts nach beiden Seiten gleichmässig an Grösse abnehmend; überhaupt konnte keine Luv- und Leeseite unterschieden werden in dem Sinne, dass erstere flacher und länger, letztere steiler und kürzer sei, wie bei einer Düne, sondern die Durchschnitte der einzelnen Berge bildeten gleichschenklige Dreiecke.

Leider gab es während meines Aufenthaltes auf List keine Gelegenheit, das Fortschreiten dieser Wellen zu beobachten, da es wochenlang fast täglich regnete, oder, wenn der Sand einmal getrocknet war, entweder Windstille herrschte, oder jedenfalls ein zu schwacher Wind wehte, um Wellen von so grobem Korn vorwärts zu bewegen. Ist doch schon, um Sandkörner von 1,5 mm Durchmesser vorwärts zu schieben, nach Sokolows Untersuchungen **) eine Windgeschwindigkeit von 11,4—13,0 m in der Sekunde erforderlich, welche No. 4 der sechsteiligen Mohn'schen Skala, „starkem Wind" entspricht. Um noch grössere Körner in Bewegung zu setzen, würde es folglich fast eines Sturmes bedürfen. Nun hatten aber von den in Frage kommenden Sandkörnern schon die mittelgrossen einen Durchmesser von 1—1,5 mm und die gröbsten von 2—3 mm. Folglich konnten die aus denselben zusammengesetzten, hochausgebildeten Wellen auch nur in einem heftigen Sturm entstanden sein (thatsächlich hatte auch wenige Tage vor meinem Eintreffen auf List ein orkanartiger Sturm 2—3 Tage lang gewütet), und ein merkbares Fortschreiten derselben war nicht eher zu erwarten, als bis ein entsprechender Wind wieder aufkommen würde.

Was die Höhe der Sylter Dünen anbetrifft, so finden sich in der Litteratur hierüber nicht nur ungenaue, meistens etwas übertriebene Angaben, sondern teilweise auch falsche Anschauungen über die Art und Weise, wie einige derselben, die auf einer

*) Sokolow, Die Dünen S. 18.

**) Sokolow. Die Dünen, S. 12.

Digitized by Google

Steilküste von 34 m Höhe über dem Meeresspiegel ruhen, dazu noch eine Höhe von gegen 30 m haben erreichen können. Bei C. P. Hansen *) z. B. heisst es: „Die höchsten Dünen auf Hörnum und List ragen 120 Fuss über die Ebene hervor, die höchsten Dünen bei Westerland etwa 80 Fuss. Die Kampener Dünen erheben sich ungefähr 90 Fuss und eine Düne bei Wennigstedt 110 Fuss über das rote Kliff". Diese Höhen würden, in Metern angegeben, ca. 37, 25, 28 und 34 betragen und, wie später gezeigt werden soll, alle ein wenig zu hoch gegriffen sein. Nach einer von der Seebadedirektion in Westerland ausgegebenen Beschreibung der Nordseebäder Westerland und Wennigstedt sollen sie in der Mitte der Insel sogar eine Höhe von 48 m und im Norden bei List eine Höhe von über 80 m erreichen; aus letzteren Angaben ist nicht ersichtlich, ob die Höhen über der Ebene der Insel oder über der Meeresoberfläche zu verstehen sind. Denn was die Mitte der Insel betrifft, so würde es, den ersten Fall angenommen, hier bei weitem nicht so hohe, den zweiten Fall aber angenommen, noch mehr als 48 m hohe Dünen geben, bezüglich der Lister Dünen aber, unter denen gerade die höchsten, am Oststrande der Insel gelegenen sich nur um ein sehr geringes über die Meeresfläche erheben, in beiden Fällen die Höhenangabe um mehr als das doppelte übertrieben sein. Am meisten unter der mir zu Gebote stehenden Litteratur der Wirklichkeit entsprechend dürften die kurzen Angaben des dänischen Kammerrats und Sandflugskommissarius C. C. Andresen sein. In seinem Werke „Om Klitterne" heisst es S. 81: „Paa Sild skal Klittens Højde endog stige til 200 ″, men den hviler der paa en 110 ″ høj Masse, opad hvilken den er kladdret ved Hjælp af et Skraaplan; men man sér ligegodt, til hvilken betydelig Højde Vinden kan føre Sandet". ~~Zu deutsch~~:

Dieselben Höhenwerte sind in Metern angegeben von Sokolow, **) der sich eben auf Andresen bezieht. In Metern angegeben, würden also nach den beiden letzten Autoren die Sylter Dünen eine Höhe von 28 m erreichen und auf einer Steilküste von 34 m ruhen.

*) C. P. Hansen, Insel Sylt (in geschichtlicher und statistischer Hinsicht) S. 29.

**) Sokolow, die Dünen, S. 22.

Digitized by Google

Eigene Messungen führten zu annähernd gleichen Resultaten. Die höchsten Dünen wurden aber nicht auf der von Andresen und Sokolow erwähnten Steilküste gefunden, unter welcher die Küste in der Gegend vom Dorfe Wennigstedt, das sogen. „Rote Kliff" zu verstehen ist, sondern im Lister Dünengebiete. Hier wurde eine der höchsten Dünen unter Mithilfe des Gastwirts Paulsen auf List mit grösstmöglicher Genauigkeit gemessen und deren Höhe gleich 26 m gefunden. Dieselbe lag an der Ostseite der Insel, am ehemaligen sogen. Königshafen, kaum einen Meter über dem Meeresspiegel, war dicht bewachsen und gestattete wegen ihrer zufälligen Form und Lage ein verhältnismässig bequemes Abmessen. Höher als diese gab es unter den Sylter Dünen nur noch eine, welche in unmittelbarer Nähe der ersteren lag und, mit dieser verglichen, nach Schätzung höchstens noch $1\frac{1}{2}$—2 m höher sein konnte, also eine Höhe von ca. 28 m erreichte. Von den auf dem roten Kliff gelegenen Dünen wurde keine höher als 26 m gefunden.

Was nun die Entstehung dieser letzteren, auf hohem Steilufer ruhenden Dünen von Sylt betrifft, so begegnen wir bei Sokolow einem Irrtum, welcher ihn fernerhin veranlasst, die Fähigkeit des Windes, Sande in die Höhe zu führen, etwas zu überschätzen. Er schreibt nämlich in dem Kapitel, *) in welchem er die zur Dünenbildung geeigneten Küsten bespricht, folgendermassen: „Es ist indessen die Annahme nicht zulässig, dass, wenn hinter einer angeschwemmten Sandzone die Küste plötzlich ansteigt, sich auf der Höhe keine Dünen bilden können, da wir vielorts bei solchen architektonischen Verhältnissen auf Dünen stossen. So fällt die Westküste Jütlands von einer ansehnlichen Höhe nach dem Meere recht steil ab, ist aber oben auf ihrer ganzen Erstreckung mit hohen Dünen bedeckt, bei denen auch Neubildungen im vollen Gange sind. Unter denselben Bedingungen befinden sich viele Dünen der Inseln von Westschleswig: so beträgt auf der Insel Sylt die Höhe der Steilküste 34 m und oben erheben sich bis zu 28 m hohe Dünen." Und an einer anderen Stelle **) bei Sokolow heisst es: „Nach Wessely erhebt sich am Roten Kliff (Insel Sylt) eine 30 bis 70 Fuss hohe Mer-

*) Sokolow, Die Dünen S. 22.
**) „ „ „ „ 69.

Digitized by Google

gelwand senkrecht über dem sandigen Vorstrand. Sie hat es dennoch nicht verhindern können, dass sich oben der vom Winde emporgetragene Sand ablagerte."

Aus diesen Angaben geht die Ansicht Sokolows deutlich hervor, als fänden noch immer Neubildungen von Dünen auf dem Steilufer von Sylt statt, indem das dazu erforderliche Material von dem tiefliegenden Strande bis zu solcher Höhe hinaufbefördert würde. Sokolow*) hält zwar das Vorhandensein einer Zone angeschwemmten Sandes für die notwendigste Bedingung für die Entstehung von Dünen, weil nur dann das erforderliche Material vorhanden sei, lässt aber die ebenso unerlässliche Bedingung einer hinlänglichen Breite dieser Zone ausser Acht, damit unter dem natürlichen Böschungswinkel von 5—10 ° sich zunächst genügend hohe Stranddünen bilden können, an denen hinauf der Sand durch den Wind getragen werden könnte, um schliesslich oben auf der Höhe in die wirkliche Düne mit ostwärts steiler abfallender Leeseite überzugehen. Nun beträgt die Breitenausdehnung der Sylter Küstenzone, welche, durch die Flutverhältnisse bedingt, eine wechselnde ist, durchschnittlich zur Zeit der Ebbe nur 60 bis 120 m und bei Hochwasser nur 15 bis 70 m, während bei heftigen Stürmen und Springfluten der Wasserstand bis an die Dünen resp. den ihnen untergelagerten Kliff reichen kann. So schlugen z. B. bei einer allerdings etwas aussergewöhnlichen Springflut am 31. August 1898, um welche Zeit ich mich in Westerland aufhielt, mehr als 6 Stunden lang die Wellen an den Fuss der Dünen, wobei die unmittelbar längst den Dünen bei Westerland aus starken Planken und Brettern erbaute Wandelbahn an mehreren Stellen völlig zerschlagen wurde. Ausserdem ist unter normalen Verhältnissen nach eigenen Beobachtungen gerade an den Strecken, wo die Küste am steilsten ist, die Entfernung vom Meere, also die Strandbreite am geringsten. Dementsprechend fanden sich hier auch nur Stranddünen von sehr geringer Höhe, 5—6 m nicht überschreitend (s. Zeichnung „Durchschnitt vom roten Kliff").

Diese Thatsachen zwiugen uns, die bei dem Publikum allgemein geltende und auch von Sokolow mit übernommene Ansicht aufzugeben, dass wir auf der Steilküste von Sylt fortwährend

*) Sokolow, Die Dünen, S. 22.

Digitized by Google

sich neubildende Dünen vor uns hätten. Vielmehr müssen wir uns der von Dr. Mein *) ausgesprochenen und auch durch die Geschichte bestätigten Ansicht anschliessen, nach welcher dieselben nur Überreste einer einst viel breiteren Dünenkette und unter längst nicht mehr vorhandenen Bedingungen gebildet worden sind. Mein schreibt: „War das Land von Anfang an mit einem hohen Ufer oder Kliff begrenzt, so bildete dies in der ganzen Länge das Hindernis, vor welchem der Sand sich aufstaute. Dadurch entsteht die Stranddüne, eine höhere, durch Wind gewordene Strandböschung, auf welcher die Sandkörner bis zur Kante des Kliffs hinauflaufen, und erst, dort oben angekommen, die wirkliche Dünengestalt ausbilden. Das geschieht aber nur, so lange die Höhe des Kliffs unbedeutend ist, und die Breite des flachen Strandes in solchem Verhältnis zu derselben steht, dass die Böschung für die auflaufenden Sandkörner einen Winkel von 5 bis höchstens 10 Grad nicht übersteigt. Bei der Schmalheit des Sylter Weststrandes und der Höhe des roten Kliffs, die zwischen 20 und 30 Meter beträgt, könnten die Sandkörner höchstens den vierten Teil erklimmen. Da aber dennoch auch 20 m hohe Dünen den Rand des Kliffs krönen, beweist ihr Dasein, dass sie vor Jahrhunderten entstanden sind, als die gegen Westen gehende Neigung des Hügellandes weit westwärts hinaus mit dem Meeresspiegel zum Durchschnitt kam, dass sie also nur die zersprengten Reste des mittleren Teiles der einst viel breiteren kontinuierlichen Dünenkette sind.

„So oft die Sturmflut den Kaolinsand des Fusses unterwühlt, kommt der Blocklehm in riesengrossen Keilen zum Absturz, und mit ihm der darauf ruhende Teil der Düne, der, wie ihn auch das Meer und der Wind bearbeiten, nie wieder jene Höhe erklimmen kann. Da aber, wo die jetzt so magere, einst breite geschlossene Düne des hohen Kliffs ursprünglich entstanden ist, hat der Ozean jetzt mehr als 6 Faden Tiefe, und der ganze zwischenliegende Landkörper ist verschwunden".

Dass in der That bis auf die Höhe des Kliffs abgesehen von staubähnlichen, feinsten Teilchen, die noch viel höher und weiter getragen werden, kein Sand hinaufgeweht wird, dafür

*) L. Mein, Abhandlungen zur geologischen Spezialkarte von Preussen und den Thyringischen Staaten. Band 1, Heft 4 S, 661.

Digitized by Google

diente noch eine weitere Beobachtung zur Bestätigung. Durch den Düneninspektor, Herrn Landvogt Hübbe darauf aufmerksam gemacht, dass es am Rande des hohen Steilufers einen sogen. toten Winkel gebe, der einem vor Regen aus westlichen Richtungen einen fast ausreichenden Schutz gewähre, hatte ich mich während des Regens bei Westwind wiederholt an den äussersten Rand des roten Kliffs gestellt, wobei ich fand, dass 1—2 m ober- und innerhalb des Kliffrandes thatsächlich so gut wie keine Wassertropfen fielen, was dadurch zu erklären ist, dass die am Steilufer in die Höhe steigende Luft über die Kante wirbelt und den Regen mitreisst. Wo aber kein Regen fiel, dort, dürfte man schliessen, würden auch, selbst wenn sie bis zur solchen Höhe gehoben werden könnten, keine Sandkörner fallen. Leider hatte ich keine Gelegenheit, auf dem roten Kliff bei Sturm oder auch nur starkem Wind anwesend zu sein, ohne dass gleichzeitig Regen fiel oder kurz vorher gefallen war, wodurch die transportierende Wirkung des Windes naturgemäss herabgesetzt oder ganz aufgehoben war. Aber nach Aussage des Herrn Landvogt Hübbe habe auch er unter den für den Sandflug günstigsten Bedingungen noch nie einen Transport des Sandes vom tiefliegenden Strand bis auf die Höhe des Kliffs wahrgenommen. Wir werden daher in der schon ausgesprochenen Anschauung nur bestärkt, dass nämlich die bis an den äussersten Rand hinausreichenden hohen Dünen mit steilem Absturz sich unter gänzlich anderen Verhältnissen vor langen Zeiten gebildet haben, als die Küste unter schrägerer Abdachung viel weiter westwärts gereicht habe, als jetzt, und demgemäss müssen wir die irrige, aber fast allgemein verbreitete Ansicht, dass auf dem jetzigen Steilufer von Sylt immer noch Neubildungen von Dünen stattfänden, aufgeben.

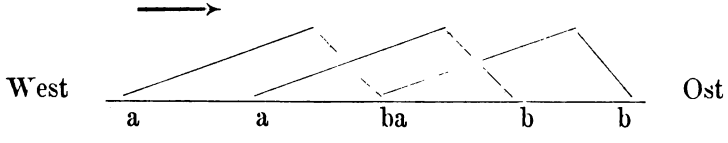
Es gehört eben ein verhältnismässig breiter Strand dazu, um ein einigermassen starkes Sandtreiben zu ermöglichen, und eine günstig ansteigende Fläche, um den Sandflug auf grössere Höhen zu leiten. An hohen Steilhängen wird der Sand am Fusse, wo der Wind sich stösst, abgelagert (und gelegentlich von Hochfluten fortgewaschen), aber nicht senkrecht hinaufgeführt und noch weniger oben auf der Fläche dünenförmig aufgeschüttet. Der feinere Sandflug, Staub, gelangt zwar auf die Höhe, bildet

Digitized by Google

aber keine Dünen, sondern wird, soviel davon an dieser Stelle zur Ablagerung kommt, in gleichmässigen Schichten ausgebreitet.

Endlich mögen noch einige Angaben über die sogenannten Wanderdünen und die Schnelligkeit ihres Vorrückens gemacht werden.

Machen wir uns zunächst klar, wie das Wandern einer Düne zustande kommt. Wenn eine solche an der Wind- oder Luvseite, die an der Nordseeküste identisch mit der Westseite ist, unbewachsen ist, so wird der Sand von der letzteren über den Kamm resp. die Spitze hinweg geweht, um sich im Schutze der steileren Ostseite, der Leeseite zu lagern. Dieser Vorgang wiederholt sich, so oft ein genügend starker Wind aus westlichen Richtungen weht, um Sandflug auf der sanft ansteigenden Luvseite zu erzeugen, und die Folge ist, dass die ganze Westseite nach und nach auf die Ostseite hinübergeweht wird, indem bei jedem Sandfluge eine neue Fläche dem Angriffe des Windes ausgesetzt wird. Weitere Zuführung von Sanden vom Strande ändert an diesem Vorgange nichts, sondern vergrössert lediglich die Masse der Aufschüttung. Endlich liegen die Sande der Ostseite d. h. der ursprünglichen Ostseite) auf der Westseite, und die Düne ist nun in ihrer ganzen Breite ostwärts versetzt, sodass der westliche Fuss jetzt dort anfängt, wo der alte östliche Fuss aufhörte, und der letztere um die ganze Breite der Düne nach Osten gewandert ist. s. Figur.



Dass die Wanderung der Dünen auf Sylt gerade in östlicher Richtung und nicht etwa umgekehrt erfolgen muss, ergiebt sich aus dem starken Vorwiegen der See- über die Landwinde. Wie schon früher erwähnt, kommen echte Wanderdünen in der neueren Zeit auf Sylt immer seltener vor, weil man, wie am Schluss genauer gezeigt werden soll, sich immer mehr bestrebt, wandernde Sande durch Bepflanzung zu befestigen und aufzuhalten.

Um die Schnelligkeit des Vorrückens festzustellen, wurden

Digitized by Google

im September 1897 an vier geeignet erscheinenden Stellen des Lister Dünengebirges die Entfernungen kahler Sanddünen von ostwärts stehenden Telegraphenpfählen, und zwar von No. 14, 15, 16 und 20, gemessen und notiert. Während nach einem Jahre bei Pfahl 13 eine kaum wahrnehmbare Annäherung der betr. Düne, bei 14 und 20 eine solche von ca. 2 m stattgefunden hatte, zeigte die Düne, deren Fuss schon im Jahre 97 am Pfahl 16 angelangt war, ein Vorrücken von reichlich 7 m, wobei eine im Vorjahre 1 m über der Sandoberfläche in den Pfahl eingeschnittene Marke längst verschüttet war. Diese Geschwindigkeit des Vorrückens würde ungefähr derjenigen entsprechen, welche an anderen Stellen der Nordseeküste für die Dünenwanderung gefunden worden ist. Nach Knuth *) lag die um das Jahr 1650 um 200 Ruthen ostwärts verlegte Kirche von Ording in Eiderstedt im Jahre 1777 bereits wieder am Fusse der Dünen, woraus sich als Mittel des jährlichen Vorrückens etwa $1^1/_2$ Ruthen $= 7$ m ableiten liessen. Bei Andresen **) ist an zwei Beispielen von Dünenwanderung an der jütländischen Küste zwar nur eine Geschwindigkeit von jährlich $6^2/_3$ Fuss und $3^1/_2$ Fuss angegeben, aber, wie an der betr. Stelle zugleich erwähnt wird, die beobachteten Dünen waren zum Teil eben bewachsen, und die Versuche, die an unbewachsenen angestellt wurden, waren wegen Abbrechen oder Verlorengehen der als Marken angewandten Stangen missglückt. Sich ebenfalls auf das vorhin erwähnte Beispiel von der Ordinger Kirche beziehend, nimmt Andresen als Resultat seiner Untersuchungen eine Geschwindigkeit im Wandern der Dünen an der Nordseeküste von jährlich $3^1/_2$ bis 24 Fuss an, je nachdem dieselben mehr, minder oder gar nicht bewachsen seien.

Von Versuchen, welche sich auf die Menge des in bestimmter Zeit gewehten Sandes bezogen und je nach der Stärke des Windes, der Trockenheit des Sandes und der mehr oder minder günstigen Lage des Ortes durchaus verschiedene Resultate ergaben, seien hier nur einzelne angeführt. An einer dem herrschenden Westwinde von Stärke 7 (n. Beaufort'scher Skala) [nach Schätzung] frei ausgesetzten Stelle des Strandes, die am Eingang in eine Dünenschlucht gelegen war, wurde eine oben offene Kiste

*) Knuth, Botanische Wanderungen auf der Insel Sylt, 49.

**) Andresen, Om Klitterne 75.

Digitized by Google

von 35 cm Länge, 24 cm Breite und 12 cm Höhe so in den Sand hineingegraben, dass sie genau mit der Sandoberfläche abschnitt, und die Längsseite mit der Richtung des wehenden Westwindes einen rechten Winkel bildete. Schon nach 25 Minuten hatte der hineingewehte Sand die Kiste soweit gefüllt, dass die Stelle, an welcher sie eingegraben war, nur noch an einer schwachen Aushöhlung und an dem Fehlen der Verbindung mit den rechts und links angrenzenden Sandwellen zu erkennen war. Nach weiteren 5 Minuten, also im ganzen nach $^1/_2$ Stunde war auch die letzte Vertiefung verschwunden, und es bildeten sich jetzt auch über der Beobachtungsstelle die Sandwellen, wie sie vor Beginn des Versuchs bestanden hatten, nach und nach wieder aus.

Gleichzeitig wurde mit einer zweiten Kiste von genau der gleichen Form und Grösse derselbe Versuch an einem ca. 70 m weiter nördlich, gerade vor einer Düne gelegenen Punkte des Strandes gemacht, wo der Wind mit einer merklich geringeren Kraft wehte, als dort, wo er zwischen 2 Dünen sich in die Schlucht hineindrängte. Hier hatte sich denn auch die Kiste 2 erst nach 55 Minuten ganz gefüllt. Ein dem letzteren ähnliches Resultat wurde an der Kiste 1 am folgenden Tage gefunden, als die Windstärke daselbst auf 6 geschätzt wurde. Es wurde dann nämlich letztgenannte Kiste erst nach 1 Stunde und 5 Minuten vollgeweht, wohingegen zur selben Zeit am 2. Untersuchungsorte, wo die Windstärke nur 3—4 betragen mochte, ein so schwaches Sandwehen stattfand, dass die Kiste 2 noch nach 7 Stunden nicht ganz gefüllt war. Dahingegen wurden 3 Tage später, als der Wind (WSW) nach Schätzung eine Stärke von 8—9 angenommen hatte, die Kisten in ungleich kürzerer Zeit gefüllt, und zwar No. 1 schon in 12 und No. 2 in 18 Minuten.

Aus diesen verschiedenen bei ungleicher Windstärke vorgenommenen Versuchen geht zunächst deutlich das ausserordentlich starke Zunehmen des Sandfluges mit der steigenden Windstärke hervor. Bei noch schwächerem Winde, als am zweiten Tage bei Kiste 2 beobachtet wurde, fand überhaupt kein Sandwehen statt. Ebenso wurde, solange nach einem Regen oder einer kurz vorhergegangenen Hochflut auch nur die geringste Feuchtigkeit in der Sandoberfläche bestand, selbst bei stärkstem Winde kein Korn vorwärts bewegt.

Digitized by Google

Was ferner die Grösse der in die Kisten hineingewehten Sandkörner betraf, so war deutlich zu erkennen, dass je stärker der Wind, um so grösser durchschnittlich das von ihm bewegte Korn war. So fanden sich bei dem letzten Versuch Körner von ungefähr 2 mm im Durchmesser, während sie am ersten Tage kaum 1 mm überstiegen und am zweiten von noch geringerem Durchmesser waren; und bei allen Versuchen war in Kiste 1 entsprechend dem hier etwas stärker wehenden Wind auch ein durchschnittlich etwas gröberes Korn als in Kiste 2 hineingeweht. Dass in Kiste 1 bedeutend weniger feine Körner fielen, als in Kiste 2, lag natürlich nicht etwa daran, dass unter dem herangewehten Sand solche weniger zahlreich vertreten wären, sondern dass ein grösserer Teil derselben durch den hier kräftiger wirkenden Wind bei der Vorwärtsbewegung in der Luft schwebend erhalten und so über die Kiste hinweg weiter fortgetrieben wurde.

Es wurde nun der Inhalt der für diese Untersuchungen verwandten Kisten gemessen und für jede von beiden ein wenig über 10 Liter gefunden. Wie aber bei allen Versuchen beobachtet werden konnte, waren die unteren Partien jeder Kiste stets etwas schneller angefüllt worden, als die oberen, was dadurch zu erklären ist, dass von den letzteren bei kräftigen Windstössen sich verhältnismässig immer ein grösserer Teil der kleineren Körner wieder loslöste, um in der Windrichtung weiter befördert zu werden, als in den tiefer liegenden Schichten, welche vor dem Winde schon einen grösseren Schutz gewonnen hatten. Um nun das Quantum Sandes, welches in gegebener Zeit eine bestimmte Stelle passierte, durch den Versuch des Auffangens mittelst der eingegrabenen Kiste möglichst annähernd zu bestimmen, war es also praktischer, anstatt von der Zeit auszugehen, die es dauerte, bis die Kiste ganz voll war, nur den ersten Teil jener Zeit für die allgemeine Berechnung in Betracht zu ziehen. Deswegen waren auch alle vorhin angeführten Versuche an den betr. Tagen, gleich nachdem die Kiste sich ein Mal gefüllt hatte, in der Weise wiederholt und modifiziert worden, dass dieselben nach je 5 Minuten abgebrochen wurden und nun die Menge des hineingewehten Sandes gemessen ward. Daraus ergaben sich dann die in folgenden Tabellen angegebenen Resultate:

Digitized by Google

Kiste 1.

Versuch	Windstärke (nach Beaufort'scher Skala) nach Schätzung	Korngrösse	Quantum des in 5 Minuten hineingewehten Sandes in Litern
1	7	0,75—1,5	2,75
2	6	0,5—1,5	1,4
3	9	0,75—2	4,25

Kiste 2.

1	5	0,75—1,25	1,6
2	3—4	0,25—0,75	0,15
3	7	0,75—1,75	2,6

Berechnen wir beispielsweise nach dem ersten Versuch für die Dauer eines Tages, welche Sandmenge auf einem Bodenstreifen, dessen Breite dem Längenmasse der Kiste, 35 cm, entspräche, entlang geweht worden wäre, so erhalten wir schon nicht weniger als 790 Liter. Dies würde auf eine Länge des Strandes von 35 m — gleiche Bedingungen vorausgesetzt — schon 790 Hektoliter an einem Tage ergeben, und so liesse sich bei den einzelnen Versuchen die Berechnung sowohl auf die Zeit als auch auf die Länge des Strandes leicht noch weiter ausdehnen. Aber auch die in den Tabellen angeführten Sandmengen entsprachen noch lange nicht genau denen, die auf eine Länge von 35 cm in 5 Minuten von Westen herangeweht kamen, da nach Schätzung immer noch der vierte bis dritte Teil derselben über die Kiste hinweggetragen wurden. Mögen jedoch die angestellten Versuche auch keineswegs die Berechnung der Anzahl Jahre ermöglichen, die für die Bildung der gesamten Dünenmassen oder auch nur einzelner Dünen auf Sylt erforderlich gewesen sind, da abgesehen von der Ungenauigkeit in der Methode des Untersuchens, so mancherlei Faktoren, wie Sturmfluten, Niederschläge, Windstille oder entgegengesetzt gerichtete Winde wegen ihres völlig regellosen Eintretens bald mehr, bald minder dem Dünenaufbau entgegenwirken, so geben sie uns doch schon einen Begriff davon, welche Mengen trockenen Sandes der Wind zu befördern vermag, und wie bei dem reichen Sandvorrat am westlichen Strande, bei dem starken Vorwiegen der westlichen Winde über die übrigen, bei dem (abgesehen vom roten Kliff) meist sanft ansteigenden

Digitized by Google

Terrain, trotz der vielfachen den Sandflug hemmenden Faktoren, in langen Zeiträumen so gewaltige Massen von Sand aufgeschüttet werden konnten, wie wir sie gegenwärtig auf Sylt und namentlich im Dünengebirge von List vorfinden.

Wurden im bisherigen Teil der Arbeit die hauptsächlichsten Arten und Produkte der Umlagerungen auf Sylt betrachtet, so bliebe noch übrig, das dieselben in hohem Masse beeinflussende Klima einer genaueren Untersuchung zu unterwerfen. Denn unschwer leuchtet es dem Beobachter ein, dass nur unter den dieser Küste eigentümlichen klimatischen Verhältnissen derartige Umgestaltungen sowohl in den Umrissen als auch auf der Oberfläche der Insel bewerkstelligt werden konnten. Steht doch z. B. die Brandung, einer der Hauptfaktoren bei dem Aufbau und der Zerstörung des Landes, in unmittelbarer Abhängigkeit von den dort herrschenden Winden. Einerseits kann nur durch Winde aus vorwiegend westlichen Richtungen eine nennenswerte Anschwemmung an einzelnen Punkten der West- und an der Nordküste stattfinden, und das angeschwemmte Material, nachdem es durch eine hinreichende Insolation und Luftbewegung getrocknet ist, durch dieselben Winde landeinwärts geführt und so dem Bereiche des Meeres entrissen werden. Andererseits aber wäre ferner auch die Zerstörung des durch monatelange Thätigkeit mässiger Winde aufgebauten Materials nicht möglich, wenn nicht von Zeit zu Zeit jene gewaltigen Stürme, wie sie hauptsächlich im Spätherbst und Winter toben, mit einer Stärke und Gewalt einträfen, wie sie im Binnenlande ungekannt oder doch nur äusserst selten sind, und somit der Brandung eine Kraft verleihen, gegen welche die sandige Westküste der Insel ohne künstliches Eingreifen des Menschen auch nicht ohne grosse Verluste Widerstand leisten würde.

Eine längere metereologische Besprechung nebst dazugehörigen Tabellen, graphischen Darstellungen und Karten, welche hier folgen würden, sind der allzu grossen Kosten wegen im Druck weggelassen. Aus demselben Grunde ist die auf Seite 10 erwähnte antiquarische Karte der friesischen Bergharden von C. P. Hansen im Druck fortgelassen.

Digitized by Google

Zum Schluss möge noch auf die Gefahren hingewiesen werden, denen die Insel und ihre Bewohner ausgesetzt wären, falls nichts geschähe, um die im vorhergehenden geschilderten Feinde, die Brandung an der Küste und den Sandflug auf der Oberfläche des Landes zu bekämpfen, und welche Mittel anzuwenden sind, um diesen Kampf erfolgreich zu führen. Sich selbst überlassen würde die Insel, wie aus unseren Untersuchungen hervorgeht, der Länge nach zwar wachsen, in der Breite aber verlieren. Abgesehen davon, dass die sandigen Erweiterungen im Norden und Süden doch niemals zur vollständigen Verbindung mit den benachbarten Inseln Röm bezw. Amrum oder Föhr führen, sondern stets durch die Ein- und Ausgangsthore für den Flut- und Ebbstrom, die Lister und Hörnumer Tiefe begrenzt bleiben würden, so wäre auch an und für sich das hier Gewonnene vom wirtschaftlichen Standpunkte aus an Wert gleich Null. In der Breitenausdehnung dagegen würde einerseits stellenweise durch Versanden von fruchtbarem Marsch- oder Wiesenland ein recht empfindlicher Schaden verursacht werden, wie er in der Nähe des freundlich gelegenen Dorfes List leider noch zu beobachten ist, wo die Wohlhabenheit und Gleichgültigkeit der beiden Grundbesitzer von List einige Wanderdünen ihren schönen Wiesen immer näher rücken und bei starkem, trockenen Winde dieselben jetzt schon mit feineren Sandteilchen überschütten lassen. Andererseits aber würde bei fortgesetzter Abnahme an der Westküste, wenn auch erst nach langer Zeit, so doch schliesslich unabwendbar der Durchbruch an den schmalsten Stellen eintreten und dadurch nicht allein die weitere Marschgewinnung an dem gegenüberliegenden Festlande, sondern vielleicht auch die Sicherheit der schon eingedeichten Kooge in Frage gestellt sein.

Während unter der dänischen Regierung so gut wie nichts für die Erhaltung des Strandes geschehen war, hat sich die preussische Regierung der Erkenntnis von den unausbleiblichen Folgen des steten Abbruchs an Land nicht entziehen können und demselben in der richtigen Einsicht, dass Sylt als ein Bollwerk für die schleswigsche Küste anzusehen ist, mit grossem Erfolg Einhalt geboten. Alljährlich werden Hunderttausende ausgegeben, um durch sogenannte, schon vorher erwähnte Buhnenbauten dem Strand grössere Festigkeit und Widerstandsfähigkeit zu verleihen.

Digitized by Google

Diese Buhnen bestehen aus senkrecht zur Küstenlinie in das Meer hinausgebauten Dämmen, die aus grossen Granitblöcken oder in neuester Zeit auch aus Betonwürfeln hergestellt werden, die dicht an einander gefügt, durch fest in den Meeresboden eingerammte palissadenartige Holzpfähle zusammengehalten werden. Sie sind bestimmt, die erste Kraft der Wellen zu brechen, sodass diese mit verminderter Gewalt gegen die Küste anprallen und weniger Schaden anrichten. Der Erfolg in diesen Bestrebungen ist auch nicht fern geblieben; denn, wenn auch der Strand nach heftigen Stürmen sich in seiner Breite bisweilen sehr verringert, so genügen doch oft einige Wochen, um den Vorstrand in seiner ganzen Grösse und Ausdehnung wieder herzustellen, (d. h. mässige Brandung schwemmt wieder Sandmassen zwischen die Buhnen) sodass man sagen kann, der Bestand der Insel am westlichen Strande sei in den letzten Jahren so ziemlich gewahrt worden.

Kaum weniger gefährlich ist der zweite Feind, welcher der Insel und ihren Bewohnern droht, der Sandflug, sofern nicht der Mensch energische Mittel zu seiner Abwehr oder wenigstens seiner Dämpfung ergreift. Mein *) sagt von der Düne mit Recht, sie sei ein verderblicherer Nachbar als ein Vulkan. „Ein Aschenregen mag 2 oder 3 Städte verschütten, ein Lavastrom mag sich in der Ebene zu einer halben Meile ausbreiten, der Sandstrom der Düne jedoch schreitet am deutschen Meer mit einer Front von 100 Meilen Länge unwiderstehlich gegen das Kulturland fort, erdrückt die Dörfer und Städte, verschüttet die blühende Ebene, erklettert die bebauten Hügel u. s. w. Nur die Langsamkeit der Bewegung, nur die feierliche Ruhe bei stillem Wetter und der scheinbare Schutz, den sie in jedem Augenblick gegen heulende Stürme und tosende Brandung gewährt, täuschten bisher und täuschen noch heute den Menschen über die Gefährlichkeit der Nachbarschaft, sodass das scheinbar geschützte Hinterland nur dann erzittert, wenn sie dem hochwachsenden Meere Schleusen öffnet, und dieses dann in wenigen Stunden verschlingt, was die Düne in Jahrhunderten erdrücken würde.

Als ein Beispiel der vernichtenden Thätigkeit des wandern-

*) Mein. Abhandlungen zur geologischen Spezialkarte von Preussen u. den Thüringischen Staaten, Band I, Heft 4, S. 698.

Digitized by Google

den Dünensandes, namentlich im Verein mit der nachdrängenden Meeresbrandung, ist das ca. 1 Meile südlich von Westerland gelegene Dorf Rantum zu nennen, das jetzt nur noch aus 6 Häusern und ca. 40 Einwohnern besteht. Noch zu Anfang des vorigen Jahrhunderts bildete dasselbe nach Wegele *) ein stattliches Kirchdorf mit Weiden und Ackerland. Da zwang die herankriechende Düne die Einwohner, sich weiter östlich anzusiedeln. Bis vor 100 Jahren standen noch 40 Häuser um die erst neu errichtete, zum zweiten Mal dem Sandfluge und dem nachdrängenden Meere ausgewichene Kirche. Im Jahre 1801 musste auch diese abgebrochen werden, da sie halb im Sande vergraben war, und sowohl die Stelle, wo die Kirche, als wo die Häuser gestanden hatten, ist schon wieder in den Wellen der Nordsee verschwunden, nachdem die Düne über sie hinweg gewandert war.

Doch auch gegen diesen Feind, den Sandflug, hat es der menschliche Geist verstanden Mittel zu finden, die ihn, wenn auch nicht vollständig aus der Welt bringen, so doch bis zu einem bestimmten Grade im Zaume halten. Schon seit langen Jahren haben die Sylter Frauen und Mädchen es versucht, den Sand in Fesseln zu schlagen dadurch, dass sie denselben im Frühjahr und Herbst ungeachtet Sturm und Regen mit wurzelreichen Strandgräsern bepflanzen. Seit 1869 lässt die preussische Regierung unter Aufsicht eines kgl. Düneninspektors die Dünen regelmässig bepflanzen, eine Sache von grösster Wichtigkeit, um die sich der kgl. Landvogt Hübbe in Keitum besonders verdient gemacht hat. Seine Studien sind in Landwirtschaftlichen Jahrbüchern 1879 B VIII Heft 2 und 3 (Wiegand, Hempel-Pareg, Berlin) niedergelegt. So geschieht alles, was Menschenkunst vermag, um das drohende Verderben abzuwehren, dessen Eintritt ohne diese Vorsorge für nicht zu ferne Zeit aus der früher erwähnten Geschwindigkeit ungehindert wandernder Dünensande sich berechnen liesse.

*) Wegele, das Nordseebad Sylt, 49.

Digitized by Google

Zusammenstellung der benutzten Litteratur mit Angabe des Verlagsortes und -Jahres.

Karl Weule, Beiträge zur Morphologie der Flachküsten, erschienen in „Zeitschrift für wissenschaftliche Geographie". Band VIII, Heft 6. Weimar, Geographisches Institut, 1891.

Mein, Abhandlungen zur geologischen Spezialkarte von Preussen und den Thyringischen Staaten. Band I, Heft 4. Berlin 1876.

Weigelt, Die nordfriesischen Inseln früher und jetzt. Hamburg, Otto Meissner 1873.

Danckwerth, Newe Landesbeschreibung der zwey Herzogthümer Schleswich und Holstein. Glückstadt 1652.

Arends, Physische Geschichte der Nordsee-Küste, 2. Band. Emden 1833.

C. P. Hansen, Die Insel Sylt in geschichtlicher und statistischer Hinsicht. Hamburg 1845.

Pechuel-Loesche, Die Kalema: Globus XXXII 1877; Flachküsten, Meeresströmung und Brandung: Globus L 1886;
Die Loango-Expedition, III Leipzig 1882.

Krümmel, Handbuch der Ozeanographie 2 Bde. Stuttgart, Engelhorn 1884, 87.

Ackermann, Beiträge zur physischen Geographie der Ostsee. Hamburg, Otto Meissner 1883.

Sokolow, Die Dünen, Bildung Entwickelung und innerer Bau. Berlin 1894.

Richthofen, Festschrift, gewidmet von seinen Schülern. Berlin, D. Reimer 1893.

Andresen, Om Klitterne, Kopenhagen 1861.

Wegele, Das Nordseebad Sylt. Tondern, Dröhse 1891.

G. Bodländer, Versuche über Suspensionen, im Auszuge mitgeteilt in den Nachr. Ges. d. Wiss. Göttingen 1893, No. 7 267—276.

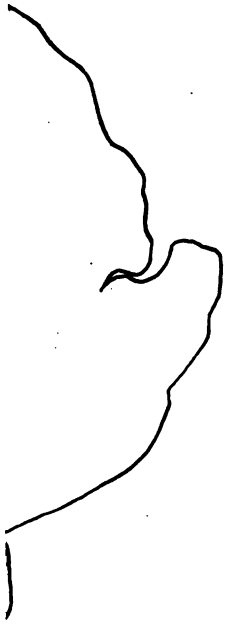
Knuth, Botanische Wanderungen auf der Insel Sylt. Tondern, Dröhse 1890.

Gerber, Das Nordseebad Wyk a/Föhr. Föhr 1897.

Beschreibung des Nordseebades Sylt, herausgegeben von der Seebadedirektion. Westerland a/S. 1897.

Endlich versäume ich nicht, dem Düneninspektor, Herrn Landvogt Hübbe in Keitum a/S. und dem Buhnenaufseher Herrn Erichsen in Tinnum a/S. für die mir gütigst überlassenen zahlreichen Messungsresultate, sowie Herrn Lehrer von Rautenkranz in Tinnum a/S. und Fräulein Marie Peters von der Insel Pellworm für ihre liebenswürdige Unterstützung bei verschiedenen Untersuchungen über die Thätigkeit des Windes und der Wellen meinen verbindlichsten Dank auszusprechen. Vor allen aber sei Herrn Professor Dr. Pechuel-Loesche für die mannigfachen Anregungen zu vorliegender Arbeit sowie für die gütige Durchsicht derselben an dieser Stelle nochmals mein ehrerbietigster Dank zum Ausdruck gebracht.

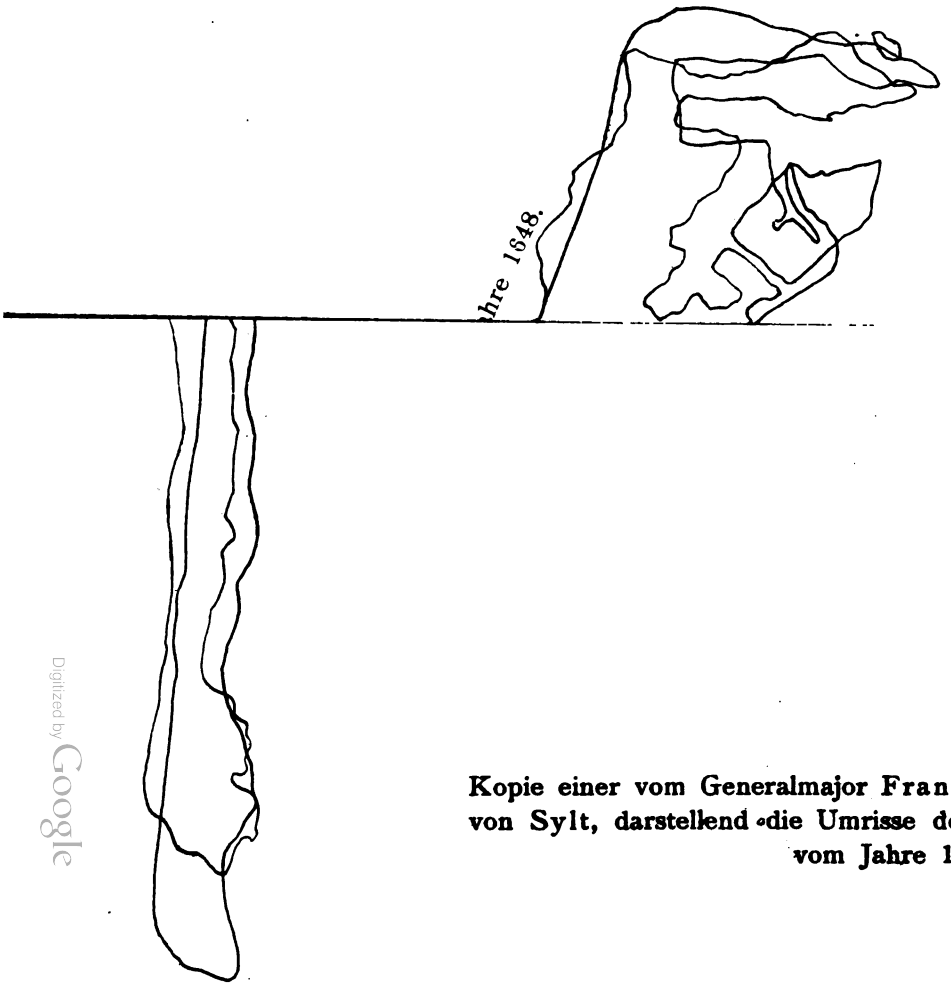
Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

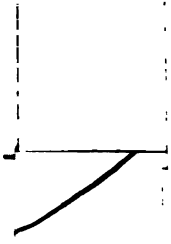
vergl. Seite 12



Kopie einer vom Generalmajor Franz Geerz gezeichneten Karte von Sylt, darstellend die Umrisse der Insel vom Jahre 1648 und vom Jahre 1878.

Digitized by Google

Digitized by Google



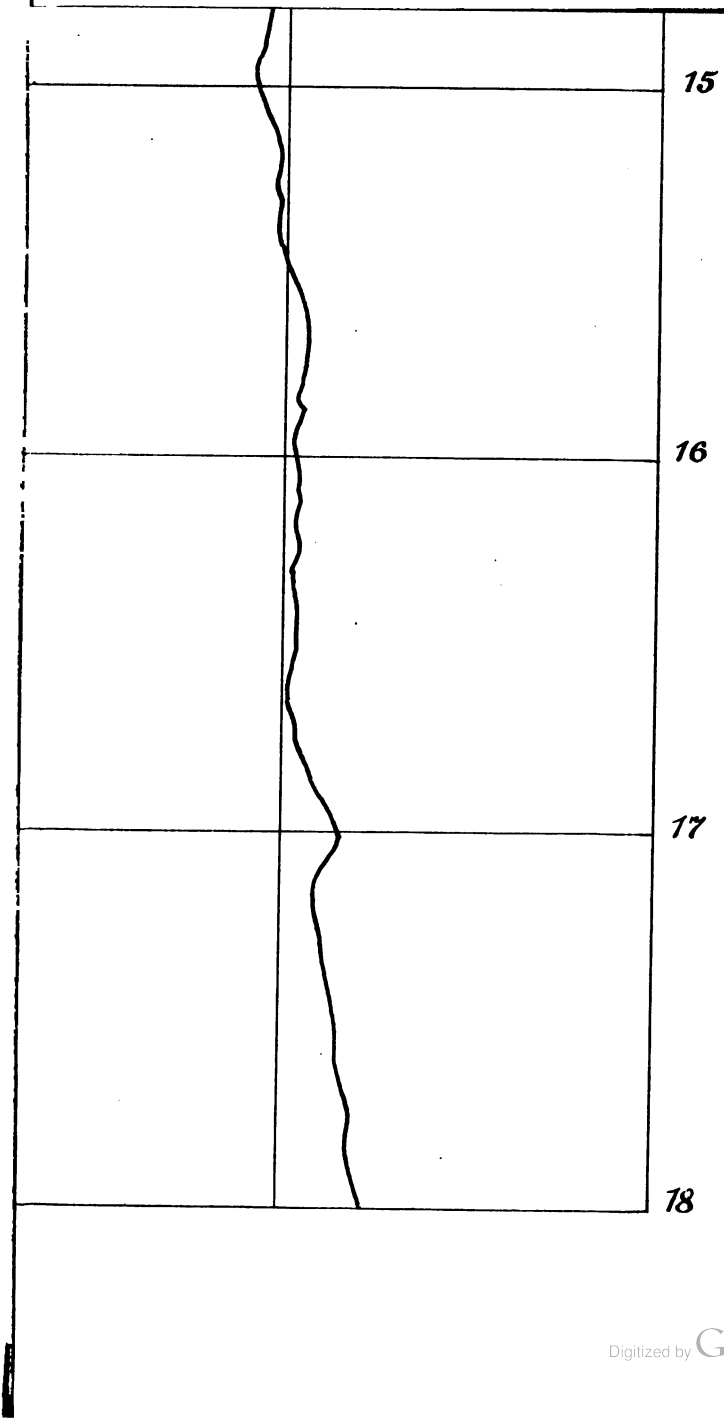
Massstab

assstab 1 : 10
ssen. Aus die
" der Wirklic

on Sylt

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

ste von Sylt

n befindlichen Buhne
pag. 32 Tabelle.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

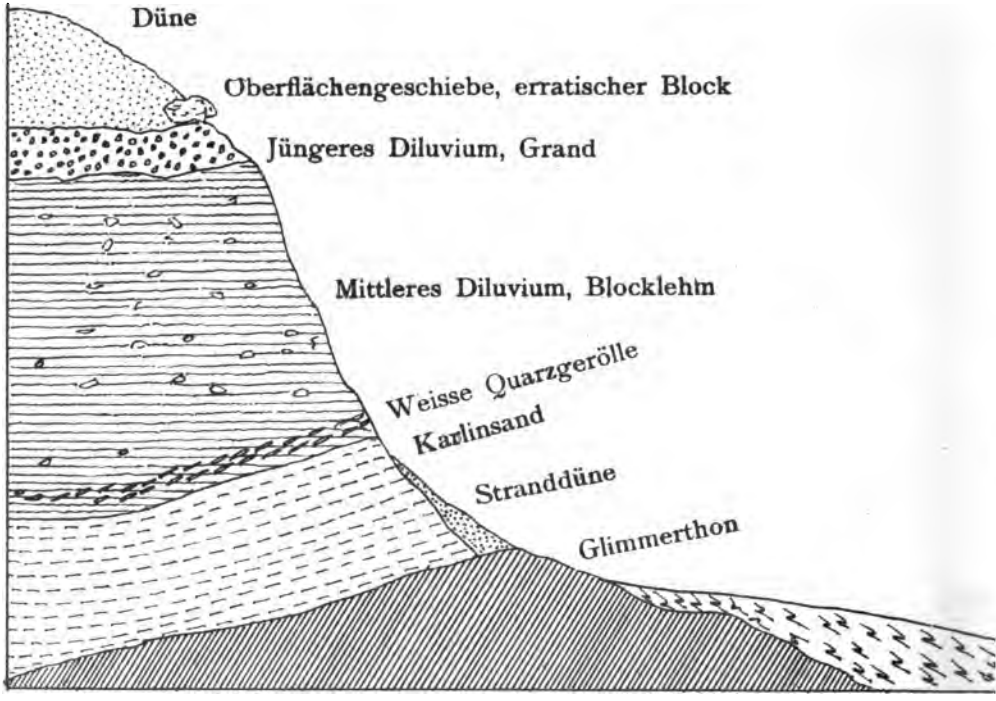
Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Durchschnitt vom süd
a

Nach L. Mein. Abhandlung zu
und den Thüringischen



Osten

Digitized by Google

vergl. Seite 54.

lichen Ende des roten Kliffs uf Sylt.

r geologischen Spezialkarte von Preussen Staaten. Band I Heft 4 Profil 3.

Verticale Dimensionen ca. fünffach erhöht.

Digitized by Google

Digitized by Google

Lebenslauf.

Verfasser dieser Arbeit, Anders Nielsen Beyer, evangelischer Konfession, Sohn des Hofbesitzers Andreas Beyer und seiner Ehefrau Sine Marie, geb. Clausen, wurde am 12. Februar 1867 zu Kummerlef, Kreis Tondern, geboren. Er besuchte von 1883 an das Gymnasium zu Hadersleben und später, nach Absolvierung des Militärdienstjahres in Kiel, noch das Gymnasium zu Glückstadt, welches er zu Weihnachten 1892 mit dem Reifezeugnis für Oberprima verliess. Er widmete sich dann von Ostern 1893 an dem Studium der Zahnheilkunde, und zwar das erste Semester in Leipzig, die drei folgenden in Berlin und die beiden letzten in Erlangen, woselbst er nach Ostern 1896 das Staatsexamen als Zahnarzt bestand. Darauf studierte er, um den philosophischen Doktortitel zu erwerben, noch weitere, für diesen Zweck vorgeschriebene vier Semester Naturwissenschaften in Erlangen und machte während resp. nach dieser Zeit 3 Studienreisen nach der Insel Sylt, um an Ort und Stelle eingehende Untersuchungen für das gestellte Thema zu machen. Nachdem die später eingereichte Arbeit seitens der II. Sektion der philosophischen Fakultät zu Erlangen angenommen war, bestand Verfasser derselben ebendaselbst die mündliche Prüfung am 13. Februar 1900.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

3 2044 093 053 213

Digitized by Google

3 2044 093 053 213

Digitized by Google